

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005年9月9日 (09.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/083490 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 21/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/003163
- (22) 国際出願日: 2005年2月25日 (25.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-053343 2004年2月27日 (27.02.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 寺田 浩敏 (TERADA, Hirotooshi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松

市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 荒田 育男 (ARATA, Ikuo) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 常盤 正治 (TOKIWA, Masaharu) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 田邊 浩 (TANABE, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 坂本 繁 (SAKAMOTO, Shigeru) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

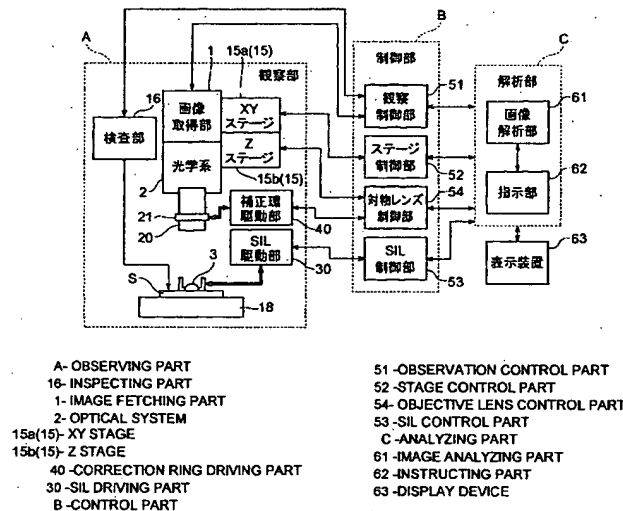
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目 10 番 6 号銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

[続葉有]

(54) Title: MICROSCOPE AND SAMPLE OBSERVING METHOD

(54) 発明の名称: 顕微鏡及び試料観察方法



(57) Abstract: For a semiconductor device (S) to be observed, an image fetching part (1), an optical system (2) including an objective lens (20), and a solid immersion lens (SIL) (3), which can move between an inserting position including an optical axis from the semiconductor device (S) to the objective lens (20) and a waiting position out of the optical axis, are arranged. Observation is performed in two control modes. In a first mode, the SIL (3) is arranged at the waiting position, and a focal point and aberration are corrected, based on a refraction factor  $n_0$  and a thickness  $t_0$  of a substrate of the semiconductor device (S). In a second mode, the SIL (3) is arranged at the inserting position, and a focal point and aberration are corrected, based on the refraction factor  $n_0$  and the thickness  $t_0$  of the substrate and a refraction factor  $n_1$ , a thickness  $d_1$ , and a curvature radius  $R_1$  of the SIL (3). Thus, a microscope and a sample observing method are provided to easily perform necessary sample observation required for fine structure analysis of semiconductor devices.

[続葉有]



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 検査対象の半導体デバイスSに対して、画像取得部1と、対物レンズ20を含む光学系2と、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含む挿入位置、及び光軸を外れた待機位置の間を移動可能な固定浸レンズ(SIL)3とを設置する。そして、SIL3を待機位置に配置し、半導体デバイスSの基板の屈折率 $n_0$ 、及び厚さ $t_0$ に基づいて焦点及び収差を補正する第1モードと、SIL3を挿入位置に配置し、基板の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、SIL3の屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて焦点及び収差を補正する第2モードとの2つの制御モードで観察を行う。これにより、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法が得られる。

## 明 細 書

### 顕微鏡及び試料観察方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、半導体デバイスなどの試料を所定の観察面で試料を通して観察するために用いられる顕微鏡、及び試料観察方法に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] 近年、半導体デバイスにおいて、デバイス面(能動回路面)が基板の下側になるフエースダウンボンディング、フリップチップボンディングが多く用いられるようになってきている。このような半導体デバイスの検査では、パッケージの種類や実装方向により、パッケージを分解しない限り基板のデバイス面を露出させることが困難な場合がある。また、フリップチップ実装されずに基板のデバイス面の露出が可能な場合でも、高集積化、多層化された半導体デバイスでは、下層にある配線や素子等の観察が困難になっている。これに対して、デバイス面とは反対の裏面から基板を通して半導体デバイスを観察する方法が提案されている。
- [0003] 従来の半導体検査装置としては、エミッション顕微鏡(文献1:特開平7-190946号公報)、OBIRCH装置(文献2:特開平6-300824号公報)、時間分解エミッション顕微鏡(文献3:特開平10-150086号公報)などが知られている。また、このような顕微鏡を用いた観察では、半導体デバイスの基板材料として用いられるシリコン(Si)が近赤外光を透過させることから、赤外光などを用いた観察が行われている。しかしながら、近年、検査対象となる半導体デバイスの微細化が進んでおり、可視光や赤外光を使用した従来の検査装置では、光学系での回折限界に起因する制限により、微細構造の解析が困難になってきている。
- [0004] このため、このような半導体デバイスの微細構造について解析を行って、半導体デバイス中に形成されたトランジスタや配線などの回路パターンに発生した異常箇所を検出する場合、まず、可視光や赤外光を使用した検査装置によって異常箇所が存在する範囲をある程度まで絞り込む。そして、その絞り込まれた範囲について、より高分解能な電子顕微鏡などの観察装置を用いて観察を行うことで、半導体デバイスでの

異常箇所を検出する方法が用いられている。

特許文献1:特開平7-190946号公報

特許文献2:特開平6-300824号公報

特許文献3:特開平10-150086号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0005] 上記したように、光を使用した検査を行った後に電子顕微鏡で高分解能の観察を行う方法では、検査対象となる半導体デバイスの準備、設置が複雑であるなどの理由により、半導体デバイスの検査に大変な手間と時間を要するという問題がある。
- [0006] 一方、観察対象の画像を拡大するレンズとして、固浸レンズ(SIL:Solid Immersion Lens)が知られている。SILは、半球形状、またはワイエルストラス球と呼ばれる超半球形状のレンズであり、通常は大きさが1mm程度と小型のレンズ素子である。このSILを観察対象の表面に密着させて設置すれば、開口数NA及び倍率をともに拡大することができ、高い空間分解能での観察が可能となる。しかしながら、半導体デバイスの検査においては、その取り扱いや観察制御などの点から、SILを用いた検査は実用化されていない。これは、半導体デバイス以外の試料の観察においても同様である。
- [0007] 本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0008] このような目的を達成するために、本発明による顕微鏡は、試料を所定の観察面で観察する顕微鏡であって、(1)対物レンズを含み試料の像を導く光学系と、(2)対物レンズを駆動して試料に対する焦点合わせ及び収差補正を行うための対物レンズ駆動手段と、(3)試料から対物レンズへの光軸を含む位置に設けられた固浸レンズと、(4)対物レンズ駆動手段を制御する制御手段とを備え、(5)制御手段は、試料の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、固浸レンズの屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせ及び収差補正を行う固浸レンズモードを制御モードと

して有することを特徴とする。

- [0009] また、本発明による試料観察方法は、試料を所定の観察面で、対物レンズを含む光学系を介して観察する試料観察方法であって、(a)試料から対物レンズへの光軸を外れた待機位置に固浸レンズを配置して試料の通常画像を観察する通常画像観察ステップ(第1画像観察ステップ)と、(b)試料から対物レンズへの光軸を含む挿入位置に固浸レンズを配置し、試料の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、固浸レンズの屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせ及び収差補正を行う補正ステップと、(c)補正ステップによって焦点合わせ及び収差補正がなされた状態で試料の拡大画像を観察する拡大画像観察ステップ(第2画像観察ステップ)とを備えることを特徴とする。
- [0010] 上記した顕微鏡及び試料観察方法では、裏面から基板を通して行う半導体デバイスの検査など、試料を通して所定の観察面に対して行う試料の観察において、固浸レンズありで試料及び固浸レンズの光学パラメータを考慮した観察条件によって観察を行う制御モード(固浸レンズモード)を用いて試料の観察を行っている。これにより、固浸レンズありでの拡大画像を好適に取得することができ、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能となる。
- [0011] 試料観察としては、例えば半導体デバイスを試料とし、半導体デバイスを裏面から基板を通して観察する例が挙げられる。この場合、上記顕微鏡は半導体検査装置として用いられ、半導体デバイスの微細構造解析などの検査を容易に行うことが可能となる。また、試料の画像を導く光学系に対し、試料の画像を取得する画像取得手段を設けても良い。
- [0012] ここで、顕微鏡は、固浸レンズを駆動して、試料から対物レンズへの光軸を含む挿入位置、及び光軸を外れた待機位置の間で移動させる固浸レンズ駆動手段を備えることとしても良い。このような固浸レンズ駆動手段を設けることにより、固浸レンズなし／ありでの通常画像／拡大画像の取得が容易になる。
- [0013] また、光学系としては、対物レンズとして、試料の通常画像を観察するための第1の対物レンズ、及び固浸レンズとともに試料の拡大画像を観察するための第2の対物レンズを有する構成を用いても良い。このように固浸レンズなし／ありで別個の対物レン

ズを用いる場合、上記した固浸レンズ駆動手段としては対物レンズを切り換えるレボ  
ルバが用いられる。

- [0014] また、顕微鏡は、制御手段が、試料の屈折率 $n_0$ 、及び観察面までの試料の厚さ $t_0$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせを行う通常モードと、上記した固浸レンズモードとの2つの制御モードを有することが好ましい。同様に、試料観察方法は、試料から対物レンズへの光軸を外れた待機位置に固浸レンズを配置し、試料の屈折率 $n_0$ 、及び観察面までの試料の厚さ $t_0$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせを行う通常補正ステップを備えることが好ましい。また、このような通常モードにおいても、必要があれば固浸レンズモードと同様に、焦点合わせとともに収差補正を行うこととしても良い。
- [0015] 上記した顕微鏡及び試料観察方法では、固浸レンズなしで試料の光学パラメータを考慮した観察条件によって観察を行う第1モード(通常モード)と、固浸レンズありで試料及び固浸レンズの光学パラメータを考慮した観察条件によって観察を行う第2モード(固浸レンズモード)とを切り換えて試料の観察を行っている。これにより、固浸レンズなし/ありでの通常画像/拡大画像をそれぞれ好適に取得することができ、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能となる。
- [0016] 試料に対する焦点合わせについては、顕微鏡は、対物レンズ駆動手段が、試料と対物レンズとの間隔を変化させて焦点合わせを行う焦点調節手段を有することが好ましい。同様に、試料観察方法は、補正ステップにおいて、試料と対物レンズとの間隔を変化させて焦点合わせを行うことが好ましい。
- [0017] また、収差補正については、顕微鏡は、対物レンズが、光軸に沿って配置された第1レンズ群及び第2レンズ群を有し、対物レンズ駆動手段は、対物レンズでの第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を変化させて収差補正を行う収差補正手段を有することが好ましい。同様に、試料観察方法は、補正ステップにおいて、対物レンズでの光軸に沿って配置された第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を変化させて収差補正を行うことが好ましい。
- [0018] 具体的な補正方法については、顕微鏡は、制御手段が、固浸レンズモードでの補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを有することが好ま

しい。同様に、試料観察方法は、補正ステップにおいて、その補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを用いることが好ましい。

[0019] また、固浸レンズなし／ありを切り換える場合には、顕微鏡は、制御手段が、通常モード(第1モード)での補正条件(第1補正条件)に対応する焦点合わせテーブル(第1焦点合わせテーブル)と、固浸レンズモード(第2モード)での補正条件(第2補正条件)に対応する焦点合わせテーブル(第2焦点合わせテーブル)及び収差補正テーブル(第2収差補正テーブル)とを有することが好ましい。この場合、通常モードにおいて収差補正を行う必要があれば、制御手段は、通常モードでの補正条件に対応する収差補正テーブル(第1収差補正テーブル)をさらに有することが好ましい。

[0020] 同様に、試料観察方法は、通常補正ステップ(第1補正ステップ)において、その補正条件(第1補正条件)に対応する焦点合わせテーブル(第1焦点合わせテーブル)を用いるとともに、補正ステップ(第2補正ステップ)において、その補正条件(第2補正条件)に対応する焦点合わせテーブル(第2焦点合わせテーブル)及び収差補正テーブル(第2収差補正テーブル)を用いることが好ましい。この場合、通常補正ステップにおいて収差補正を行う必要があれば、通常補正ステップにおいて、その補正条件に対応する収差補正テーブル(第1収差補正テーブル)をさらに用いることが好ましい。

[0021] このように、焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを用いることにより、焦点合わせ及び収差補正を容易かつ確実に実行することができる。

[0022] また、顕微鏡は、固浸レンズ駆動手段が、固浸レンズを支持する固浸レンズホルダが連結された第1腕部材と、第1腕部材を試料に対して略平行な水平面内で回転させる第1腕部材回転源と、第1腕部材回転源を保持する第2腕部材と、第1腕部材回転源の回転軸と非同軸の位置を回転軸として、第2腕部材を水平面内で回転させる第2腕部材回転源とを有する固浸レンズ移動装置であることが好ましい。

[0023] このような固浸レンズ移動装置を用いることにより、半導体デバイスなどの試料及び対物レンズに対して、固浸レンズを挿入位置と待機位置との間で好適に移動させることができる。この場合、さらに、固浸レンズ移動装置は、第2腕部材回転源を水平面に直交する垂直方向に移動させる垂直方向移動源を有することが好ましい。

## 発明の効果

- [0024] 本発明によれば、固浸レンズを試料から対物レンズへの光軸を含む挿入位置に配置し試料及び固浸レンズの光学パラメータを考慮して観測を行う固浸レンズモードを用い、試料の観察を所定の観察面で試料を通して行うことにより、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能な顕微鏡及び試料観察方法が得られる。

## 図面の簡単な説明

- [0025] [図1]図1は、半導体検査装置の一実施形態の構成を模式的に示すブロック図である。
- [図2]図2は、図1に示した検査装置での対物レンズの構成を示す側面断面図である。
- [図3]図3は、図1に示した検査装置でのSILを用いた半導体デバイスの観察方法を示す側面図である。
- [図4]図4は、図1に示した検査装置を用いた半導体検査方法の一例を示すフローチャートである。
- [図5]図5は、図4に示した検査方法のうちで通常モードでの観察及びSILモードでの観察について示すフローチャートである。
- [図6]図6は、半導体デバイスの観察における(a)デフォルト状態、(b)通常モード、及び(c)SILモードを示す模式図である。
- [図7]図7は、基板の屈折率と幾何学的収差との相関の一例を示すグラフである。
- [図8]図8は、基板の厚さとフォーカス移動量との相関の一例を示すグラフである。
- [図9]図9は、基板の厚さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の一例を示すグラフである。
- [図10]図10は、測定深さとフォーカス移動量との相関の一例を示すグラフである。
- [図11]図11は、測定深さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の一例を示すグラフである。
- [図12]図12は、測定深さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の他の例を示すグラフである。
- [図13]図13は、半導体検査装置の他の実施形態を示す構成図である。



[図14]図14は、図13に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。

[図15]図15は、SIL マニピュレータ及び対物レンズの一実施形態を上方から見た斜視図である。

[図16]図16は、SILが待機位置に配置されている状態のSIL マニピュレータ及び対物レンズを示す下面図である。

[図17]図17は、SILが挿入位置に配置されている状態のSIL マニピュレータ及び対物レンズを示す下面図である。

[図18]図18は、SILが交換位置に配置されている状態のSIL マニピュレータ及び対物レンズを示す下面図である。

[図19]図19は、SILホルダの構成を示す斜視図である。

[図20]図20は、SILホルダの(a)待機位置の状態、及び(b)挿入位置の状態を示す縦断面図である。

#### 符号の説明

[0026] A…観察部、1…画像取得部、10…高感度カメラ、12…レーザスキャン光学系ユニット(LSMユニット)、12a…レーザ光導入用光ファイバ、12c…検出用光ファイバ、12b、12d…レンズ、12e…ビームスプリッタ、12f…XYスキャナ、15…XYZステージ、15a…XYステージ、15b…Zステージ、16…検査部、18…ステージ、19…テストフィクスチャ、2…光学系、20…対物レンズ、20a…第1レンズ群、20b…第2レンズ群、21…補正環、22…カメラ用光学系、22a…レンズ、24…LSMユニット用光学系、24a…ビームスプリッタ、24b…ミラー、24c…レンズ、3…固浸レンズ(SIL)、30…SIL駆動部、40…補正環駆動部、

B…制御部、51…観察制御部、51a…カメラ制御部、51b…LSM制御部、51c…OBIRCH制御部、52…ステージ制御部、53…SIL制御部、54…対物レンズ制御部、C…解析部、61…画像解析部、62…指示部、63…表示装置。

30A…SIL マニピュレータ、71…第1腕部材、72…第1腕部材回動源、73…第2腕部材、74…第2腕部材回動源、75…Z方向移動源、76、77…支持部、85…光結合材料供給パイプ、95…気体供給パイプ、5…SILホルダ、6…ホルダ、7…腕部、8…第1ホルダ、9…第2ホルダ、11…キャップ。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0027] 以下、図面とともに本発明による顕微鏡、及び試料観察方法の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。
- [0028] まず、本発明による顕微鏡である半導体検査装置の基本的構成について説明する。図1は、本発明による半導体検査装置の一実施形態の構成を模式的に示すブロック図である。本装置は、例えばトランジスタや配線などからなる回路パターンがデバイス面上に形成された半導体デバイスSを検査対象(観察対象)の試料とするとともに、そのデバイス面を観察面に設定し、デバイス面とは反対の裏面から基板を通して半導体デバイスSを観察して検査を行う検査装置である。ここで、本発明による顕微鏡及び試料観察方法は、試料の観察を所定の観察面で試料を通して行う場合に適用可能であるが、以下においては、主にその適用例である半導体検査装置及び検査方法について説明する。
- [0029] 本実施形態による半導体検査装置は、半導体デバイスSの観察を行う観察部Aと、観察部Aの各部の動作を制御する制御部Bと、半導体デバイスSの検査に必要な処理や指示等を行う解析部Cとを備えている。また、本検査装置による検査対象、すなわち観察対象の試料となる半導体デバイスSは、観察部Aに設けられたステージ18上に、その観察面となるデバイス面をステージ18側、裏面を上側として載置されている。
- [0030] 観察部Aは、暗箱(図示していない)内に設置された画像取得部1と、光学系2と、固浸レンズ(SIL: Solid Immersion Lens)3とを有している。画像取得部1は、例えば光検出器や撮像装置などからなり、半導体デバイスSの画像を取得する手段である。また、画像取得部1と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとの間には、半導体デバイスSからの光による画像を画像取得部1へと導く光学系2が設けられている。
- [0031] 光学系2には、その半導体デバイスSに対向する所定位置に、半導体デバイスSからの光が入射する対物レンズ20が設けられている。半導体デバイスSから出射、ある

いは反射等された光は対物レンズ20へと入射し、この対物レンズ20を含む光学系2を介して画像取得部1に到達する。そして、画像取得部1において、検査に用いられる半導体デバイスSの画像が取得される。

[0032] 画像取得部1と光学系2とは、互いの光軸が一致された状態で一体に構成されている。また、これらの画像取得部1及び光学系2に対し、XYステージ15a及びZステージ15bからなるXYZステージ15が設置されている。XYステージ15aは、画像取得部1及び光学系2をX-Y面内(水平面内)で移動させて、半導体デバイスSに対する観察位置(検査位置)を設定するために用いられる。また、Zステージ15bは、画像取得部1及び光学系2をZ方向(垂直方向)に移動させて、半導体デバイスSに対する焦点を調整するために用いられる。これにより、Zステージ15bは、半導体デバイスSの基板と光学系2の対物レンズ20との間隔を変化させて観察の焦点合わせを行う焦点調節手段として機能する。

[0033] また、本実施形態においては、図2の側面断面図に示すように、対物レンズ20のレンズ群が、第1レンズ群20a及び第2レンズ群20bの2つのレンズ群によって構成されている。これらのレンズ群20a、20bは、対物レンズ20の光軸に沿って上側、下側にそれぞれ配置されている。対物レンズ20は、その外周部に設けられた補正環21(図1参照)を回転させることにより、レンズ群20a、20bの間隔 $u$ を変化させることが可能に構成されている。また、補正環21は、補正環駆動部40によって駆動制御されている。これにより、補正環21及び補正環駆動部40は、対物レンズ20でのレンズ群20a、20bの間隔 $u$ を変化させて観測の収差補正を行う収差補正手段として機能する。

[0034] このような構成において、Zステージ15bからなる焦点調節手段と、補正環21及び補正環駆動部40からなる収差補正手段とにより、対物レンズ20を駆動して半導体デバイスSに対する焦点合わせ及び収差補正を行う対物レンズ駆動手段が構成されている。なお、図2においては、補正環21を含む対物レンズ20の具体的な構造及び駆動機構については図示を省略している。また、半導体デバイスSに対する焦点合わせについては、半導体デバイスSを載置するステージ18を駆動することによって行っても良い。

[0035] また、図1に示す検査装置では、半導体デバイスSに対して、検査部16が設けられ

ている。検査部16は、半導体デバイスSの検査を行う際に、必要に応じて、半導体デバイスSの状態の制御等を行う。検査部16による半導体デバイスSの状態の制御方法は、半導体デバイスSに対して適用する具体的な検査方法によって異なるが、例えば、半導体デバイスSに形成された回路パターンの所定部分に電圧を供給する方法、あるいは、半導体デバイスSに対してプローブ光となるレーザ光を照射する方法などが用いられる。

[0036] 本実施形態においては、この観察部Aには、さらに、SIL3が設置されている。このSIL3は、半導体デバイスSの画像を拡大するために用いられるレンズである。また、SIL3は、画像取得部1及び光学系2と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとに対して移動可能に設置されている。具体的には、SIL3は、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含み、半導体デバイスSに密着して設置される挿入位置と、光軸を外れた待機位置との間を移動可能に構成されている。

[0037] また、SIL3に対し、固浸レンズ駆動部(SIL駆動部)30が設けられている。SIL駆動部30は、SIL3を駆動して上記した挿入位置及び待機位置の間を移動させる駆動手段である。また、SIL駆動部30は、SIL3の位置を微小に移動させることにより、光学系2の対物レンズ20に対するSIL3の挿入位置を調整する。なお、図1においては、対物レンズ20と半導体デバイスSとの間の挿入位置に配置された状態でSIL3を図示している。

[0038] ここで、通常、SILとしては、球心が焦点となり開口率NA及び倍率がともに $n$ 倍となる半球形状を有するレンズ、あるいは、球心から $R/n$ だけ下方にずれた位置が焦点となり開口率NA及び倍率がともに $n^2$ 倍となる超半球形状を有するレンズが用いられている(例えば、特開2002-189000号公報参照)。

[0039] 図3は、図1に示した検査装置でのSILを用いた半導体デバイスの観察方法を示す側面図である。本検査装置においては、上記したように半導体デバイスSは、そのデバイス面Saを下側(ステージ18側)、裏面Sbを上側(対物レンズ20側)としてステージ18上に設置される。この半導体デバイスSに対し、SIL3は挿入位置では、その平面状もしくは凸面状のレンズ面が裏面Sbに密着するように配置される。このようなSILとしては、例えば plano-convex lens、bi-convex lens が知られている(例えば、特開

平5-157701号公報、及び米国特許第6594086号公報参照)。

- [0040] このように、対物レンズ20及びSIL3を用いて半導体デバイスSを裏面Sbから基板を通して観察する場合、半導体デバイスSでの光学パラメータとしては、基板の屈折率 $n_0$ 、及び厚さ $t_0$ がある。また、SIL3での光学パラメータとしては、屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び球面状のレンズ面の曲率半径 $R_1$ がある。図3中においては、対物レンズ20側からSIL3及び基板を通してデバイス面Saへと集束する光路を実線によって示している。また、半導体デバイスSの基板の屈折率 $n_0$ がSIL3の屈折率 $n_1$ と等しいと仮定した場合の光路を点線によって示している。
- [0041] また、図中のLは、点線の光路でのSIL3の、固浸レンズ球面からの測定深さ、すなわちSIL3のレンズ面形状から求められる焦点位置のSIL3の頂点からの距離である(以下、測定深さとする)。この測定深さLは、実際の観察においてデバイス面Saに焦点が合うように、 $L = d_1 + t_0 \times (n_1 / n_0)$ によって求められる。なお、SIL3の具体的なレンズ形状(例えば曲率半径 $R_1$ に対する厚さ $d_1$ の設定)については、必要に応じて適宜設定される。また、一般に、基板(試料)の厚さ $t_0$ については、試料の内部に観察面を設定して試料の一部を通して観察を行う場合には、その観察面までの試料の厚さを厚さ $t_0$ とすれば良い。
- [0042] 半導体デバイスSを検査するための観察等を行う観察部Aに対し、制御部B及び解析部Cが設けられている。
- [0043] 制御部Bは、観察制御部51と、ステージ制御部52と、SIL制御部53と、対物レンズ制御部54とを有している。観察制御部51は、画像取得部1及び検査部16の動作を制御することによって、観察部Aにおいて行われる半導体デバイスSの観察の実行や観察条件の設定などを制御する。
- [0044] ステージ制御部52は、XYステージ15aの動作を制御することによって、本検査装置における検査位置となる画像取得部1及び光学系2による半導体デバイスSの観察位置の設定、あるいはその位置合わせを制御する。また、SIL制御部53は、SIL駆動部30の動作を制御することによって、挿入位置及び待機位置の間でのSIL3の移動、あるいはSIL3の挿入位置の調整等を制御する。
- [0045] 対物レンズ制御部54は、Zステージ15bの動作を制御することによって、半導体デ

バイスSの基板と対物レンズ20との間隔を変化させる焦点合わせを制御する。さらに、この制御部54は、補正環駆動部40及び補正環21の動作を制御することによって、対物レンズ20でのレンズ群20a、20bの間隔uを変化させる収差補正を制御する。

[0046] 解析部Cは、画像解析部61と、指示部62とを有している。画像解析部61は、画像取得部1によって取得された画像に対して、必要な解析処理等を行う。また、指示部62は、操作者からの入力内容や、画像解析部61による解析内容などを参照し、制御部Bに対して必要な指示を行う。また、解析部Cに対して、表示装置63が接続されている。解析部Cによって取得または解析された画像、データ等は、必要に応じて表示装置63に表示される。

[0047] このような構成において、制御部Bは、Zステージ15b、補正環駆動部40、及び補正環21を含む対物レンズ駆動手段と、SIL駆動部30を含む固浸レンズ駆動手段とを制御して、半導体デバイスSのデバイス面Saを観察する際の観察条件を制御する制御手段となっている。特に、本実施形態においては、SIL3が挿入位置と待機位置との間を移動可能に構成されていることに対応して、SIL制御部53及び対物レンズ制御部54を含む制御部Bは、通常モード(第1モード)及び固浸レンズモード(SILモード、第2モード)の2つの制御モードを有している。

[0048] 通常モードでは、SIL制御部53は、SIL駆動部30によって光軸を外れた待機位置にSIL3を配置する。また、対物レンズ制御部54は、半導体デバイスSの基板の屈折率 $n_o$ 、及び厚さ $t_o$ に基づいて設定された第1補正条件で、Zステージ15b、補正環駆動部40、及び補正環21によって観察条件の焦点合わせ及び収差補正を行う。そして、対物レンズ20を含む光学系2を介して、裏面Sbからの半導体デバイスSの観察が行われる。対物レンズ制御部54には、この第1補正条件に対応する第1焦点合わせテーブル及び第1収差補正テーブルが用意されている。

[0049] SILモードでは、SIL制御部53は、SIL駆動部30によって光軸を含む挿入位置にSIL3を配置する。また、対物レンズ制御部54は、半導体デバイスSの基板の屈折率 $n_o$ 、厚さ $t_o$ 、SIL3の屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された第2補正条件で、Zステージ15b、補正環駆動部40、及び補正環21によって観察条件の焦点合わせ及び収差補正を行う。そして、対物レンズ20を含む光学系2と、SIL3とを

介して、裏面Sbからの半導体デバイスSの観察が行われる。対物レンズ制御部54には、この第2補正条件に対応する第2焦点合わせテーブル及び第2収差補正テーブルが用意されている。

[0050] 次に、本発明による試料観察方法である半導体検査方法について説明する。図4は、図1に示した検査装置を用いた半導体検査方法の一例を示すフローチャートである。また、図5は、図4に示した検査方法のうちで通常モードでの観察及びSILモードでの観察による観察方法について具体的に示すフローチャートである。また、図6は、半導体デバイスの観察における(a)デフォルト状態、(b)通常モード、及び(c)SILモードを示す模式図である。

[0051] まず、検査対象となる半導体デバイスSに対して観察に好適な光学パラメータを有するSIL3を選択し、そのSIL3をSIL駆動部30に対してセットする(ステップS101)。そして、選択されたSIL3の屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ の各光学パラメータを、解析部Cに設けられた入力装置を介して入力する(S102)。また、検査対象の半導体デバイスSを、裏面Sbを上側としてステージ18上にセットする(S103)。そして、セットした半導体デバイスSの裏面Sbに観察の焦点を合わせる。これにより、図6(a)に示すように、半導体デバイスSの上面となっている裏面Sbに焦点が合うように、焦点及び収差が設定される(S104)。この状態、すなわち基板の厚さ $t_0=0$ が、半導体デバイスSを観察する際のデフォルト状態(原点出しを行った状態)となる。なお、この状態では、SIL3は光軸を外れた待機位置に配置されている。

[0052] 次に、観察対象の試料となる半導体デバイスSの基板の屈折率 $n_0$ 及び厚さ $t_0$ の各光学パラメータを入力する(S105)。

[0053] 続いて、半導体デバイスSに対し、対物レンズ20を用いる通常モードでの観察を行う(S200)。具体的には、図5のフローチャートに示すように、基板の屈折率 $n_0$ 、及び厚さ $t_0$ に応じた第1焦点合わせテーブル、第1収差補正テーブルを使用し、対物レンズ20の移動量 $\Delta Z$ 、及びレンズ群20a、20bの間隔 $u$ を調整する。これにより、図6(b)に示すように、裏面Sbから基板を通して半導体デバイスSの観察面に設定されているデバイス面Saに焦点が合うように、焦点合わせ及び収差補正が実行される(S201、第1補正ステップ)。

- [0054] 観察条件の設定が終了したら、半導体デバイスSを検査するための観察を行う(S202、第1画像観察ステップ)。ここでは、画像取得部1により、対物レンズ20を含む光学系2を介して、半導体デバイスSのデバイス面Saに設けられた回路パターンの通常画像を観察する。また、ステージ制御部52により、XYステージ15aを駆動制御して画像取得部1及び光学系2をX-Y面内で移動させる。そして、半導体デバイスSの観察したい箇所を見つけて視野中心にセットし、検査位置(観察位置)に設定する。
- [0055] 続いて、対物レンズ20に加えてSIL3を用いるSILモードでの観察を行う(S300)。具体的には、SIL制御部53によりSIL駆動部30を駆動し、SIL3を待機位置から挿入位置へと移動する。そして、半導体デバイスSの裏面Sbに密着した状態で、検査位置に合わせてSIL3を視野に挿入する(S301)。この状態で、基板の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、SIL3の屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に応じた第2焦点合わせテーブル、第2収差補正テーブルを使用し、対物レンズ20の移動量 $\Delta Z$ 、及びレンズ群20a、20bの間隔 $u$ を調整する。これにより、図6(c)に示すように、SIL3及び基板を通して半導体デバイスSのデバイス面Saに焦点が合うように、焦点合わせ及び収差補正が実行される(S302、第2補正ステップ)。また、必要に応じて焦点、収差、SIL3の位置等の観察条件について微調整を行う(S303)。
- [0056] 観察条件の設定が終了したら、半導体デバイスSの観察を行う(S304、第2画像観察ステップ)。ここでは、画像取得部1により、対物レンズ20を含む光学系2及びSIL3を介して、半導体デバイスSの拡大画像を観察し、検査位置にある回路パターンについて検査を行う。設定された検査位置に対して必要な観察及び検査が終了したら、SIL3を視野から外して待機位置へと移動する(S305)。
- [0057] 次に、図4のフローチャートに示すように、ステージ18にセットされている半導体デバイスSについて、他の位置を観察する必要があるかどうかを確認し(S106)、必要があれば通常モードでの観察(S200)及びSILモードでの観察(S300)を繰返して実行する。また、他の位置を観察する必要がなければ、他の半導体デバイスを観察するかどうかを確認し(S107)、必要があれば半導体デバイスSのセット(S103)以降の各プロセスを繰返して実行する。他の半導体デバイスがなければ、半導体デバイスの検査を終了する。



- [0058] 本実施形態による半導体検査装置、及び半導体検査方法の効果について説明する。
- [0059] 図1に示した半導体検査装置、及び図4、図5に示した半導体検査方法においては、裏面Sbから基板を通して行う半導体デバイスSの検査において、SIL3を待機位置に配置して基板の光学パラメータ $n_0$ 、 $t_0$ を考慮した観察条件で観察を行う通常モードと、SIL3を挿入位置に配置して基板の光学パラメータ $n_0$ 、 $t_0$ 及びSIL3の光学パラメータ $n_1$ 、 $d_1$ 、 $R_1$ を考慮した観察条件で観察を行うSILモードとを切り換えて検査を行っている。これにより、SIL3なし／ありの状態のそれぞれについて焦点合わせ及び収差補正を適切に実行して、半導体デバイスSの通常画像／拡大画像をそれぞれ好適に取得することができる。したがって、半導体デバイスSの微細構造解析などの検査を容易に行うことが可能となる。
- [0060] また、上記実施形態においては、対物レンズ20に対する焦点調節手段として、半導体デバイスSの基板と対物レンズ20との間隔を調整するZステージ15bを用いている。また、対物レンズ20に対する収差補正手段として、レンズ群20a、20bからなるレンズ構成を適用するとともに、レンズ群の間隔を調整する補正環21、及び補正環駆動部40を用いている。このような構成により、半導体デバイスSを観察する際の焦点及び収差を好適に調整することができる。また、これら以外の構成を用いても良い。例えば、半導体デバイスSに対する焦点合わせについては、上記したように半導体デバイスSを載置するステージ18をZ軸方向に駆動する構成としても良い。
- [0061] また、焦点合わせ及び収差補正の具体的な方法については、各補正条件に対応して制御部Bに用意された焦点合わせテーブル、及び収差補正テーブルを用いて実行している。これにより、半導体デバイスSに対する観察条件を容易かつ確実に補正することができる。ただし、このような方法としては、焦点合わせテーブル及び収差補正テーブル以外の方法を用いても良い。例えば、焦点合わせ及び収差補正を行うために必要な計算式を用意しておき、その計算式を用いて焦点合わせ、収差補正の条件を算出する構成としても良い。
- [0062] 図1に示した構成においては、具体的には、焦点合わせテーブルは、Zステージ15bによる対物レンズ20のZ方向への駆動距離(フォーカス移動量)  $\Delta Z$ によって作成

することが好ましい。また、収差補正テーブルは、対物レンズ20におけるレンズ群20a、20bの間隔u、または間隔uに対応する補正環21の回転量によって作成することが好ましい。

[0063] また、これらの補正テーブルについては、想定される基板及びSILの光学パラメータの組合せに対してあらかじめ必要な数だけテーブルを作成しておき、入力されたパラメータに応じて使用するテーブルを選択しても良い。あるいは、パラメータが入力された時点で補正テーブルを作成することとしても良い。また、SILの光学パラメータの入力については、パラメータの値を個別に入力する以外にも、SILの型番に対応したパラメータのセットを用意しておく構成や、パラメータの値が記憶されたICチップなどの記憶媒体をSILに設けておいて使用時にデータを読み出す構成などを用いても良い。

[0064] なお、半導体基板及びSILに使用される主な材料、及びその屈折率nとしては、以下のものが挙げられる。

Si : 3.5  
GaP : 3.1  
GaAs : 3.4  
ガラス : 1.45~2  
プラスチック : 1.45~2

[0065] また、SILの材料については、検査対象となる半導体デバイスでのSi、GaPなどの基板材料に対して屈折率が近いものを選択して用いることが好ましい。また、上記実施形態では、観察対象の試料を半導体デバイスとした半導体検査装置及び検査方法について説明しているが、一般に半導体デバイスなどの各種のデバイスを試料とする場合には、対象となるデバイスとしては、半導体基板を用いたものに限らず、ポリシリコン薄膜トランジスタなどのように、ガラスやプラスチックなどを基板とする集積回路を観察対象としても良い。例えば液晶デバイスではガラス基板上に、また、有機EL等ではプラスチック基板上にデバイスが作製される。

[0066] Si製SILを用いる場合、基板がSi基板であれば基板とSILとの界面で収差が生じないという利点がある。ただし、1.1  $\mu\text{m}$ 以下の波長の光については透過率が低く、

基板を薄くしてもSILによって光が吸収される点に注意が必要である。

- [0067] また、GaP製SILを用いる場合、Siの透過波長域に加えて、可視域〜1.1  $\mu\text{m}$ の波長の光も透過するという利点がある。この場合、Si基板を十分に薄くすることにより、このような波長域での観察が可能となる。例えば、Si基板を30  $\mu\text{m}$ 程度まで薄くし、LSM(後述)による画像取得において1  $\mu\text{m}$ 以下の波長のレーザ光を用いることにより、観察の高解像度化が実現できる。一方、GaP製SILでは、Si基板の場合に基板とSILとの界面で屈折率差による球面収差といった幾何学的収差が発生する点に注意が必要である。なお、上記のように基板を十分に薄くした場合には、幾何学的収差の影響は無視できる。

- [0068] 上記した半導体検査方法について、具体的なデータとともにさらに説明する。

- [0069] まず、通常モードでの観察条件の補正について説明する。対物レンズ20を用いた半導体デバイスSのデバイス面Saの観察(図6(b)参照)では、その基板の裏面Sbで発生する幾何学的収差Iは以下の式(1)

$$I = (n_0^2 - 1) t_0 NA^2 / (2n_0^3) \dots (1)$$

で求められる。この式(1)において、NAは対物レンズ20の開口数である。

- [0070] 図7は、基板の屈折率と幾何学的収差との相関の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は観察対象の基板(試料)の屈折率 $n_0$ を示し、縦軸は(幾何学的収差/基板の厚さ) $I/t_0$ を示している。また、このグラフでは、対物レンズ20の開口数を $NA=0.76$ としている。通常モードにおける観察条件の補正では、このように求められる幾何学的収差Iなどの光学特性に基づいて、焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルが作成される。

- [0071] 図8は、基板の厚さと対物レンズを移動させるフォーカス移動量との相関の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は基板の厚さ $t_0$  ( $\mu\text{m}$ )を示し、縦軸はフォーカス移動量 $\Delta Z$  (mm)を示している。また、グラフA1はSi( $n_0=3.5$ )、A2はGaP( $n_0=3.1$ )、A3はガラス( $n_0=1.5$ )を基板材料としたときの相関を示している。ここで、式(1)からわかるように、NA及び $n_0$ が一定であれば、幾何学的収差Iは基板の厚さ $t_0$ に比例する。したがって、図8に示す例では、焦点合わせ用のフォーカス移動

量 $\Delta Z$ は、厚さ $t_0$ または幾何学的収差 $I$ に対して比例式で算出される。

- [0072] 図9は、基板の厚さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は基板の厚さ $t_0$  ( $\mu\text{m}$ )を示し、縦軸は対物レンズ20において設定されるレンズ群20a、20bの間隔 $u$  (mm)を示している。また、グラフB1はSi、B2はGaP、B3はガラスを基板材料としたときの相関を示している。図9に示す例では、収差補正用のレンズ群の間隔 $u$ は、厚さ $t_0$ または幾何学的収差 $I$ に対して1次式で算出される。なお、図8及び図9において、係数値などを含む具体的な相関式は、個々の対物レンズ20におけるレンズ構成等によって決められる。また、相関式の次数などの関数系については、適当なものを用いれば良い。

- [0073] 次に、SILモードでの観察条件の補正について説明する。対物レンズ20に加えてSIL3を用いたデバイス面Saの観察(図6(c)参照)では、その幾何学的収差 $I$ は、SIL3のレンズ球面で発生する幾何学的収差 $I_1$ と、SIL3/基板の界面で発生する幾何学的収差 $I_2$ との和 $I=I_1+I_2$ になる。SIL3のレンズ球面で発生する幾何学的収差 $I_1$ は、簡単のため $R_1=1\text{mm}$ 、 $n_1=3.5$ とすると以下の式(2)

$$I_1 = 6.25(L-1)^2 \times (3.5L-4.5)L \cdots (2)$$

で求められる。この式(2)において、 $L$ は図3に示したSIL3の測定深さである。

- [0074] また、SIL3/基板の界面で発生する幾何学的収差 $I_2$ は以下の式(3)

$$I_2 = n_1(n_0^2 - n_1^2)t_0NA^2 / (2n_0^3) \cdots (3)$$

で求められる。SILモードにおける観察条件の補正では、このように求められる幾何学的収差 $I_1$ 、 $I_2$ などの光学特性に基づいて、焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルが作成される。

- [0075] 図10は、測定深さとフォーカス移動量との相関の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は測定深さ $L$  ( $\mu\text{m}$ )を示し、縦軸はフォーカス移動量 $\Delta Z$  (mm)を示している。また、このグラフでは、基板の光学パラメータを $n_0=3.5$ 、 $t_0=100\mu\text{m}$ 、SIL3の光学パラメータを $n_1=3.1$ 、 $R_1=0.5\text{mm}$ としている。なお、SIL3の厚さ $d_1$ は、上記した式 $L=d_1+t_0 \times (n_1/n_0)$ にしたがって測定深さ $L$ とともに変化する。この

図10に示すような相関により、焦点合わせ用のフォーカス移動量 $\Delta Z$ が算出される。

[0076] 図11は、測定深さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は測定深さ $L(\mu m)$ を示し、縦軸はレンズ群20a、20bの間隔 $u(mm)$ を示している。また、このグラフでは、基板の光学パラメータを $n_0 = 3.5$ 、SIL3の光学パラメータを $n_1 = 3.1$ 、 $R_1 = 0.5mm$ とし、到達NAを2.2とした補正状態を示している。また、グラフC0は補正なしの状態、C1はSIL3の厚さ $d_1 = 480 \mu m$ 、C2は $d_1 = 450 \mu m$ 、C3は $d_1 = 420 \mu m$ 、C4は $d_1 = 390 \mu m$ 、C5は $d_1 = 360 \mu m$ 、C6は $d_1 = 330 \mu m$ での補正状態を示している。なお、基板の厚さ $t_0$ は、上記した $L$ の式にしたがって測定深さ $L$ とともに変化する。

[0077] また、図12は、測定深さと対物レンズでのレンズ群の間隔との相関の他の例を示すグラフである。このグラフでは、基板の光学パラメータを $n_0 = 3.5$ 、SIL3の光学パラメータを $n_1 = 3.5$ 、 $R_1 = 0.5mm$ とし、到達NAを2.5とした補正状態を示している。この場合、基板及びSIL3の屈折率が等しいためレンズ群の間隔 $u$ はSIL3の厚さ $d_1$ にはよらず、基板の厚さ $t_0$ 及びSIL3の厚さ $d_1$ が測定深さ $L$ とともに任意の組合せで変化する。これらの図11、図12に示すような相関により、収差補正用のレンズ群の間隔 $u$ が算出される。

[0078] 本発明による半導体検査装置及び検査方法についてさらに説明する。

[0079] 図13は、本発明による半導体検査装置の他の実施形態を示す構成図である。また、図14は、図13に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。本実施形態は、図1に示した半導体検査装置について、その具体的な構成を示すものとなっている。

[0080] 本実施形態による半導体検査装置は、観察部Aと、制御部Bと、解析部Cとを備えている。なお、ここでは、解析部Cについて図示を省略している。検査対象となる半導体デバイスSは、観察部Aに設けられたステージ18上に載置されている。さらに、本実施形態においては、半導体デバイスSに対して検査に必要な電気信号等を印加するテストフィクスチャ19が設置されている。半導体デバイスSは、その裏面が対物レンズ20に対面するように配置される。

[0081] 観察部Aは、暗箱(図示していない)内に設置された高感度カメラ10と、レーザスキ

ン光学系 (LSM:Laser Scanning Microscope) ユニット12と、光学系22、24と、XY Zステージ15と、SIL3と、SIL駆動部30と、補正環駆動部40とを有している。

[0082] これらのうち、カメラ10及びLSMユニット12は、図1に示した構成における画像取得部1に相当している。また、光学系22、24は、光学系2に相当している。光学系22、24の半導体デバイスS側には、対物レンズ20が設けられている。本実施形態においては、図13及び図14に示すように、それぞれ異なる倍率を有する複数の対物レンズ20が切り換え可能に設けられている。また、対物レンズ20には、図2に示した2つのレンズ群20a、20b及び補正環21が設けられており、補正環駆動部40によって収差を補正可能に構成されている。また、テストフィクスチャ19は、検査部16に相当している。また、LSMユニット12は、画像取得部1としての機能と合わせて、検査部16としての機能も有している。

[0083] 光学系22は、対物レンズ20を介して入射された半導体デバイスSからの光をカメラ10へと導くカメラ用光学系である。カメラ用光学系22は、対物レンズ20によって所定の倍率で拡大された画像をカメラ10内部の受光面に結像させるための結像レンズ22aを有している。また、対物レンズ20と結像レンズ22aとの間には、光学系24のビームスプリッタ24aが介在している。高感度カメラ10としては、例えば冷却CCDカメラなどが用いられる。

[0084] このような構成において、半導体デバイスSからの光は対物レンズ20及びカメラ用光学系22を含む光学系を介してカメラ10へと導かれる。そして、カメラ10によって、半導体デバイスSのパターン画像などの画像が取得される。あるいは、半導体デバイスSの発光画像を取得することも可能である。この場合には、テストフィクスチャ19によって電圧を印加した状態で半導体デバイスSから発生した光が、光学系を介してカメラ10へと導かれる。そして、カメラ10によって、異常観察画像として用いられる半導体デバイスSの発光画像が取得される。半導体デバイスSからの発光としては、半導体デバイスの欠陥に基づく異常箇所起因するものや、半導体デバイス中のトランジスタのスイッチング動作に伴うランジェント発光などが例として挙げられる。さらに、取得される画像は、デバイスの欠陥に基づく発熱画像であっても良い。

[0085] LSMユニット12は、赤外レーザ光を照射するためのレーザ光導入用光ファイバ12

aと、光ファイバ12aから照射されたレーザ光を平行光とするコリメータレンズ12bと、レンズ12bによって平行光とされたレーザ光を反射して光路を変換するビームスプリッタ12eと、ビームスプリッタ12eで反射されたレーザ光をXY方向に走査して半導体デバイスS側へと出射するXYスキャナ12fとを有している。

[0086] また、LSMユニット12は、半導体デバイスS側からXYスキャナ12fを介して入射され、ビームスプリッタ12eを透過した光を集光するコンデンサレンズ12dと、コンデンサレンズ12dによって集光された光を検出するための検出用光ファイバ12cとを有している。

[0087] 光学系24は、半導体デバイスS及び対物レンズ20と、LSMユニット12のXYスキャナ12fとの間で光を導くLSMユニット用光学系である。LSMユニット用光学系24は、半導体デバイスSから対物レンズ20を介して入射された光の一部を反射するビームスプリッタ24aと、ビームスプリッタ24aで反射された光の光路をLSMユニット12に向かう光路へと変換するミラー24bと、ミラー24bで反射された光を集光するレンズ24cとを有している。

[0088] このような構成において、レーザ光源(図示していない)からレーザ光導入用光ファイバ12aを介して出射された赤外レーザ光は、レンズ12b、ビームスプリッタ12e、XYスキャナ12f、光学系24、及び対物レンズ20を通して半導体デバイスSへと照射され、半導体デバイスS内へと入射する。

[0089] この入射光に対する半導体デバイスSからの反射散乱光は、半導体デバイスSのデバイス面に設けられている回路パターンを反映している。半導体デバイスSからの反射光は、入射光とは逆の光路を通してビームスプリッタ12eへと到達し、ビームスプリッタ12eを透過する。そして、ビームスプリッタ12eを透過した光は、レンズ12dを介して検出用光ファイバ12cへと入射し、検出用光ファイバ12cに接続された光検出器によって検出される。

[0090] 検出用光ファイバ12cを介して光検出器で検出される光の強度は、上記したように、半導体デバイスSに設けられている回路パターンを反映した強度となっている。したがって、XYスキャナ12fによって赤外レーザ光が半導体デバイスS上をX-Y走査することにより、半導体デバイスSの回路パターンなどの画像を鮮明に撮像することがで

きる。

[0091] 観察部Aには、さらに、SIL3が設置されている。SIL3は、高感度カメラ10、LSMユニット12、光学系22、24、及び対物レンズ20と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとに対して、上述した挿入位置及び待機位置の間を移動可能に構成されている。また、SIL3に対し、SIL駆動部30が設けられている。SIL駆動部30は、SIL3を支持するSILホルダが連結されたSIL移動装置(SILマニピュレータ)から構成され、SIL3をX、Y方向、及びZ方向に移動させるXYZ駆動機構である。

[0092] 半導体デバイスSを検査するための観察等を行う観察部Aに対し、制御部B及び解析部Cが設けられている。なお、図13、図14においては、解析部Cについては図示を省略している。

[0093] 制御部Bは、カメラ制御部51aと、LSM制御部51bと、OBIRCH制御部51cと、ステージ制御部52と、SIL制御部53と、対物レンズ制御部54とを有している。これらのうち、ステージ制御部52、SIL制御部53、及び対物レンズ制御部54については、2つの制御モードでの焦点合わせ及び収差補正の制御も含めて、図1に関して上述した通りである。また、カメラ制御部51a、LSM制御部51b、及びOBIRCH制御部51cは、図1に示した構成における観察制御部51に相当している。

[0094] カメラ制御部51a及びLSM制御部51bは、それぞれ高感度カメラ10及びLSMユニット12の動作を制御することによって、観察部Aにおいて行われる半導体デバイスSの画像の取得を制御する。また、OBIRCH制御部51cは、半導体デバイスSの検査に用いられるOBIRCH(Optical Beam Induced Resistance Change)画像を取得するためのものであり、レーザ光を走査した際に発生する半導体デバイスSでの電流変化を抽出する。

[0095] 解析部Cは、図1に示したように、画像解析部61及び指示部62を有し、例えばコンピュータなどによって構成される。カメラ制御部51a、及びLSM制御部51bからの画像情報は、解析部Cのコンピュータに備えられた画像取込ボードを介して入力される。

[0096] 図13及び図14に示した半導体検査装置を用いた半導体検査方法について概略的に説明する(図4及び図5参照)。まず、SIL3を待機位置に配置する通常モードに



より、第1補正条件で焦点合わせ及び収差補正がなされた観測条件で半導体デバイスSの観察を行う(S200)。具体的には、LSMユニット12によって半導体デバイスSを走査して、そのパターン画像を取得する。また、半導体デバイスSでの異常箇所の検出に用いられる異常観察画像を取得する。この異常観察画像としては、OBIRCH制御部51cによって取得されるOBIRCH画像、あるいは、カメラ10によって取得される発光画像などが用いられる。これらのパターン画像及び異常観察画像については、必要に応じて、各画像の重ね合わせ、及び表示装置63への表示等が行われる。また、取得された画像を用いて半導体デバイスSの異常箇所を調べて、検出された異常箇所を検査位置とし、検査位置が視野の中央に位置するようにXYZステージ15等を設定する。

[0097] 次に、SIL3を半導体デバイスSの検査位置に対応する挿入位置に配置するSILモードにより、第2補正条件で焦点合わせ及び収差補正がなされた観察条件で半導体デバイスSの観察を行う(S300)。ここでは、半導体デバイスS上に配置されたSIL3、及び対物レンズ20等を介して、拡大されたパターン画像、OBIRCH画像、発光画像などの画像を取得する。また、必要に応じて、各画像の重ね合わせ、表示装置63への表示等を行う。なお、発光画像を取得する際には、SIL3によって発生する色収差量に合わせてステージ等を適宜移動させ、倍率をソフトウェアで合わせて画像の重ね合わせを行う。

[0098] 図13及び図14に示した半導体検査装置においてSIL駆動部30として用いられる固浸レンズ移動装置(SIL移動装置)の具体例について説明する。図15は、SIL移動装置であるSILマニピュレータ及び対物レンズの一実施形態を上方から見た斜視図である。

[0099] SIL3は、SILホルダ5によって支持されている。図15に示したSILマニピュレータ30A(SIL駆動部30)は、このSILホルダ5に支持された状態のSIL3を3次元方向に駆動して、対物レンズ20への光軸を含んで半導体デバイスSに密着される挿入位置、及び光軸を外れた待機位置の間を移動させるSIL移動装置である。また、本構成例のSILマニピュレータ30Aは、さらに、SILホルダ5に支持されたSIL3を交換するための交換位置へも移動可能に構成されている。

- [0100] 具体的には、SILマニピュレータ30Aは、SILホルダ5を装着した第1腕部材71と、この第1腕部材71をX-Y平面(水平面)内で回動させる第1腕部材回動源72と、第1腕部材回動源72を保持する第2腕部材73と、この第2腕部材73をX-Y平面内で回動させる第2腕部材回動源74とを有している。さらに、SILマニピュレータ30Aは、X-Y平面に直行するZ方向に第2腕部材回動源74を移動させるZ方向移動源75を有し、このZ方向移動源75が基端側とされ、移動する第一腕部材71が終端側とされている。
- [0101] Z方向移動源75は、例えば送り螺子等により移動軸がZ方向に移動するZ軸モータ等で構成され、支持部76を介して検査装置本体側の顕微鏡部分などに装着されている。この支持部76は、装置本体に例えば螺子留め等で着脱可能に装着され、SILマニピュレータ30Aを外して観察する場合や、他のSIL移動装置を装着して観察する場合等の利便性が図られている。また、Z方向移動源75の移動軸には、支持部77を介して第2腕部材回動源74が連結されている。この第2腕部材回動源74は、出力軸が正逆方向に回動する(所定範囲内で回動すれば良い)回動軸とされるモータ等で構成され、Z方向移動源75の駆動により、Z方向に移動される。
- [0102] 第2腕部材回動源74の回動軸には、第2腕部材73の一端が連結されている。この第2腕部材73は、図15に示すように、第2腕部材73が半導体デバイスSの観察位置の視野(対物レンズ20の視野)から容易に遠ざかるように湾曲状に構成されている。この第2腕部材73の他端には、第1腕部材回動源72が固定されている。この第1腕部材回動源72は、出力軸が正逆方向に回動する(所定範囲内で回動すれば良い)回動軸とされるモータ等で構成されている。
- [0103] このように、第1腕部材回動源72の回動軸と第2腕部材回動源74の回動軸とは非同軸に位置している。そして、第1腕部材回動源72は、第2腕部材回動源74の駆動により、第2腕部材回動源74の回動軸を支点として第2腕部材73と共にX-Y平面内を回動される。また、第1腕部材回動源72の回動軸には、前述した第1腕部材71の他端が連結されている。この第1腕部材71は、第1腕部材回動源72の駆動により、第1腕部材回動源72の回動軸を支点としてX-Y平面内を回動される。
- [0104] 以上の構成により、第1腕部材71の一端に連結されているSILホルダ5に支持され

たSIL3は、第1腕部材回動源72、第2腕部材回動源74の駆動により、X-Y平面内を、各々の回動を合成した合成方向に移動される。また、SIL3は、Z方向移動源75の駆動によりZ方向に移動される。そして、その結果、3次元方向の各所定位置にSIL3が自在に移動される。図16～図18は、それぞれSILマニピュレータ30A及び対物レンズ20を示す下面図であり、図16はSIL3が待機位置に配置されている状態を、図17はSIL3が挿入位置に配置されている状態を、また、図18はSIL3が交換位置に配置されている状態をそれぞれ示している。

- [0105] また、図15に示すSILマニピュレータ30Aには、SIL3に対して光学密着液を供給する光結合材料供給パイプ85、及び乾燥気体を供給する気体供給パイプ95が設けられている。これらは、SIL3を挿入位置に配置して、半導体デバイスSに対して光学的に密着させる際に用いられるものである。
- [0106] SIL3を支持するSILホルダ5について説明する。図19は、図15に示したSILマニピュレータにおけるSILホルダの構成を示す斜視図である。また、図20は、SILホルダの(a)待機位置の状態、及び(b)挿入位置の状態を示す縦断面図である。
- [0107] SILホルダ5は、図19に示すように、略円筒状に構成されてSIL3を支持するホルダ6と、このホルダ6を保持する腕部7とを備えている。このSILホルダ5は、光学密着液と接触することがあるため、耐腐食性の高い例えばステンレス、アルミ等の金属の他、レンズ形状に合わせて成形加工しやすい樹脂として例えばアクリルやPET、ポリエチレン、ポリカーボネート等で成形されている。
- [0108] ホルダ6は、図20(a)及び(b)に示すように、SIL3を保持する第1ホルダ8と、この第1ホルダ8を支持する第2ホルダ9とを備えている。これらの第1ホルダ8及び第2ホルダ9は、半導体デバイスSに対する光路を妨げないように略円筒状に構成されている。
- [0109] 第1ホルダ8は、その上部の外周面に外方に突出する環状鏝部8aを有するとともに、その底面に、内側に向かう環状鏝部8bを有する。そして、環状鏝部8bの内周に形成されている開口を通して、SIL3の底面が下方に突出した状態で、SIL3が第1ホルダ8に例えば接着剤等で固着され保持されている。第2ホルダ9は、その底面に内側に向かう環状鏝部9aを有する。そして、環状鏝部9aの内周に形成されている開口9b

を通して、第1ホルダ8の下部が下方に突出した状態で、第1ホルダ8の環状鏝部8aが第2ホルダ9の環状鏝部9aに載置され、第1ホルダ8及びSIL3が第2ホルダ9に自重方向に支えられている。

[0110] ここで、第1ホルダ8の下部の外径をA、第1ホルダ8の環状鏝部8aの外径をB、第2ホルダ9の開口9bの内径をCとすると、 $A < C < B$ の関係に設定されているため、第1ホルダ8は第2ホルダ9に対して自由とされるとともに第2ホルダ9から下方への第1ホルダ8の離脱が防止されている。

[0111] また、第2ホルダ9は、その上部の開口9cに、例えば嵌合や螺合等により装着されるSIL3の抜け止めのためのキャップ11を備えている。このキャップ11は、第1ホルダ8及び第2ホルダ9と同様に略円筒状に構成され、キャップ11の内径をDとすると、 $D < B$ の関係に設定されている。従って、このキャップ11により、半導体デバイスSに対する光路を妨げること無く、SIL3を保持した第1ホルダ8が第2ホルダ9の上部の開口9cを通して飛び出すなどの離脱が防止されSILの紛失が防止されている。

[0112] また、腕部7は、丸棒を略L字状に曲げたもので、第2ホルダ9から外方に延び、その一端が上方に向かうとともにその他端が第2ホルダ9の側部に固定されている。この腕部7の一端には、パイプの側面の一部を平坦面とした回り止め部7aが、腕部7及びホルダ6の回り止めとして例えば嵌合等で固着されている。なお、腕部7は、略L字状を成しその一端が上方に延びる構成とされているが、X-Y平面内に延びる構成であっても良い。また、このSILホルダ5を構成する腕部7は、図15に示したように、SILマニピュレータ30Aの第1腕部材71の一端に着脱可能に連結されている。

[0113] 以上の構成を有するSILホルダ5及びSILマニピュレータ30Aにおいて、図16に示した待機位置の状態では、腕部材71、73は畳まれ、SIL3及び腕部材71、73は対物レンズ20の視野外にある。このとき、SIL3を保持した第1ホルダ8は、図20(a)に示すように、その環状鏝部8aが第2ホルダ9の環状鏝部9aに載置され、第1ホルダ8及びSIL3が第2ホルダ9に自重方向に支えられている状態にある。

[0114] SIL3をこの待機位置から挿入位置へと移動する場合、まず、腕部材71、73を回動することで、図17に示したように、待機位置にあるSIL3を、半導体デバイスSと対物レンズ20との間で光軸を含む位置へと移動する。この時、第2腕部材73は湾曲状に

構成されているため、第2腕部材73が対物レンズ20の視野を妨げることなく視野から容易に遠ざけられている。

[0115] このようにしてSIL3を視野内に挿入したら、SILマニピュレータ30AのZ方向移動源75を駆動してSIL3を下げ、SIL3が観察位置に接近したら光結合材料供給パイプ85を介して光学密着液を供給し、SIL3を観察位置上に載置して密着位置(挿入位置)に配置する。このようにしてSIL3が半導体デバイスSに対して挿入位置に載置されると、図20(b)に示すように、第2ホルダ9により自重方向に支えられているSIL3及び第1ホルダ8が、半導体デバイスSにより持ち上げられた状態となる。さらに、この状態でSIL3の位置などについて微調整等が行われる。なお、この際の光結合材料としては、インデックスマッチングオイルなどの屈折率整合流体や、両親媒性分子を含有する光学密着液が好適に使用される。

[0116] ここで、SIL3及び第1ホルダ8は、半導体デバイスSにより持ち上げられた状態で第2ホルダ9に対して自由な状態とされているため、半導体デバイスSの観察位置には、SIL3及び第1ホルダ8の自重のみが作用する。これにより、過度の圧力が加わることなくされているとともに、SIL3が観察位置に馴染み密着されている。さらに、気体供給パイプ95を介して気体を供給し、光学密着液を乾燥させることで、SIL3を迅速に半導体デバイスSの観察位置に確実に密着させることができる。

[0117] また、SIL3を交換する場合には、SILマニピュレータ30Aの第1腕部材回動源72を駆動し第1腕部材71を回動することで、SIL3を待機位置から図18に示す交換位置に移動して連結部を第2腕部材73の下方近くから大きく外側に出し、腕部7ごとSILホルダ5を交換する。これにより、SILホルダ5の腕部7の第1腕部材71に対する着脱が容易とされているとともに、腕部7ごとSILホルダ5が交換されるため、微小なSIL3を直接に取り扱うことなくレンズ交換が容易とされている。

[0118] 本発明による顕微鏡、及び試料観察方法は、上記した実施形態及び構成例に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上記した半導体検査装置では、画像取得部1、光学系2、検査部16等の具体的な構成、及び半導体デバイスSを検査するための具体的な検査方法等については、図13及び図14はその構成の一例を示すものであり、これ以外にも様々な構成及び検査方法を用いることができる。

また、半導体デバイスなどの各種のデバイスについて観察のみを行う場合には、検査部16を設けずにデバイス観察装置として構成しても良い。また、画像取得部1についても、操作者が直接に画像を観察する場合など不要であれば設けなくても良い。また、SIL3を駆動するSIL駆動部30についても、図15に示したSILマニピュレータ30A以外にも様々なものを用いて良い。また、SILと基板との光学密着を得るための上記した光結合材料の使用は一例を示すものであり、これ以外にも、SILを基板側へ押圧することによりエバネッセント結合を得るようにしても良い。

- [0119] また、上記した実施形態では、半導体デバイスを観察対象とした半導体検査装置、及び半導体検査方法について説明したが、本発明は、半導体デバイス以外を観察対象の試料とする場合にも、試料を所定の観察面で試料を通して観察するために用いられる顕微鏡、及び試料観察方法として適用が可能である。これにより、試料の観察において、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能となる。この場合の試料としては、例えば、上述した半導体デバイスや液晶デバイスなどの各種のデバイス、あるいはプレパラートをを用いたバイオ関連サンプルなどが挙げられる。
- [0120] また、補正テーブルに用いられるSILの光学パラメータの入力については、上述したように、パラメータの値を個別に入力する以外にも、SILの型番に対応したパラメータのセットを用意しておく構成や、パラメータの値が記憶されたICチップなどの記憶媒体をSILに設けておいて使用時にデータを読み出す構成などを用いても良い。
- [0121] 例えば、SILの光学パラメータの入力は、SIL、SILホルダ、あるいはアームに取付けた半導体デバイス/磁気デバイスなどの記憶媒体に、SILの型番、シリアル番号、曲率半径、厚さ、屈折率などのパラメータを記憶しておく構成を用いることができる。この場合のデータの読み出し方法としては、電波による受信、アーム及びマニピュレータによる電氣的接触を介した受信などの方法がある。また、SILホルダにバーコードなどを書き込んでおき、それを画像で認識することによってデータを読み出しても良い。
- [0122] あるいは、SILホルダに、肉眼または画像で個々を識別できるような目印を付ける構成を用いることができる。このような目印によるSILの識別方法としては、線の色や本数、点の色や数、ホルダ自体の色、シリアル番号などを用いて識別する方法がある。

また、この場合、目印によってSILのIDを判別し、そのシリアル番号を入力して、あらかじめ登録された曲率半径、厚さ、屈折率などのパラメータを読み出す方法を用いることができる。シリアル番号に対応するこれらのパラメータのデータについては、フレキシブルディスク等によって供給され、あらかじめソフトに読み込んでおく方法がある。

- [0123] また、上記構成の顕微鏡において、固浸レンズ駆動手段によってSILを駆動しているが、このような駆動手段については不要であれば設けない構成としても良い。この場合、対物レンズ駆動手段を制御する制御手段は、試料の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、固浸レンズの屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせ及び収差補正を行うSILモードを制御モードとして有していれば良い。
- [0124] また、上記した実施形態では、通常モード及びSILモードの両者において、それぞれ焦点合わせ及び収差補正を行っているが、対物レンズのみを用いる通常モードについては、収差補正を行わずに焦点合わせのみを行う構成としても良い。また、通常モードにおいて焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを用いる場合には、焦点合わせテーブルのみとしても良い。
- [0125] また、対物レンズ20を含む光学系2については、上記構成以外にも様々な構成を用いて良い。例えば、光学系2において、対物レンズ20として、通常モードにおいて試料の通常画像を観察するための第1の対物レンズと、SILモードにおいてSIL3とともに試料の拡大画像を観察するための第2の対物レンズとを設ける構成としても良い。
- [0126] そのような構成の具体例としては、図13に示したように複数の対物レンズ20がレボルバで切り換え可能に設けられている場合に、そのうちの一の対物レンズを通常モード用とし、他の対物レンズにSIL3を取り付けてSILモード用とする構成が考えられる。このような構成では、対物レンズを切り換えるレボルバが固浸レンズ駆動手段として機能する。また、この場合、通常モード用の対物レンズについては、収差補正が不要であれば補正環が設けられていないものを用いても良い。
- [0127] 上記のように通常モード、SILモードで別個の対物レンズを用いた場合の試料観察方法の一例について説明する。まず、試料表面の密着性をあげるために洗浄液及

び密着液によって処理を行った後、通常対物レンズで試料の通常画像であるパターン像を観察する。また、通常対物レンズでの異常観察像(例えば故障起因光学信号像)を観察する。続いて、観察対象を中心に合わせ、通常対物レンズの倍率を上げてパターン像、異常観察像を同様に観察する。さらに、20×程度以上まで対物レンズの倍率を上げ、観察対象位置を中心に合わせる。

[0128] 次に、光学系を一度試料から少し離して、対物レンズをSIL付対物レンズに切り換えた後、光学系を徐々に試料に近づける。このとき、SILの先端が試料に接触した時点で接触センサがONとなり、ON位置から実フォーカス位置まで移動する。ON位置から実フォーカス位置までの距離については、あらかじめ与えておく。

[0129] さらに、SIL付対物レンズで試料のパターン像を観察しながらフォーカスの微調整を行った後、試料の拡大画像であるパターン像、及び異常観察像の観察を行う。なお、通常画像の観察に戻るときには、光学系を試料から離し、対物レンズを通常対物レンズに切り換えた後、光学系をフォーカス位置まで戻せば良い。

#### 産業上の利用可能性

[0130] 本発明による顕微鏡、及び試料観察方法は、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法として利用可能である。



## 請求の範囲

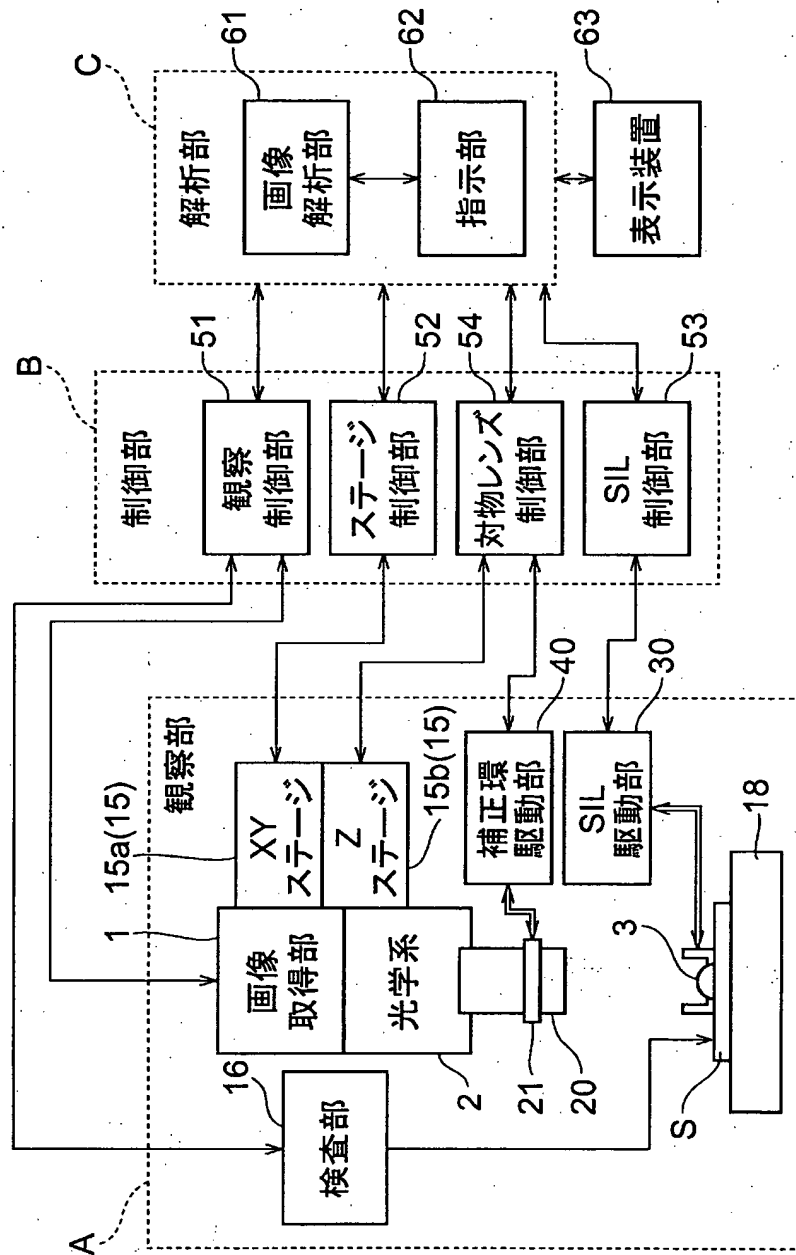
- [1] 試料を所定の観察面で観察する顕微鏡であって、  
対物レンズを含み前記試料の像を導く光学系と、  
前記対物レンズを駆動して前記試料に対する焦点合わせ及び収差補正を行うための対物レンズ駆動手段と、  
前記試料から前記対物レンズへの光軸を含む位置に設けられた固浸レンズと、  
前記対物レンズ駆動手段を制御する制御手段とを備え、  
前記制御手段は、前記試料の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、前記固浸レンズの屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせ及び収差補正を行う固浸レンズモードを制御モードとして有することを特徴とする顕微鏡。
- [2] 前記固浸レンズを駆動して、前記試料から前記対物レンズへの光軸を含む挿入位置、及び前記光軸を外れた待機位置の間で移動させる固浸レンズ駆動手段を備えることを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。
- [3] 前記光学系は、前記対物レンズとして、前記試料の通常画像を観察するための第1の対物レンズ、及び前記固浸レンズとともに前記試料の拡大画像を観察するための第2の対物レンズを有することを特徴とする請求項2記載の顕微鏡。
- [4] 前記制御手段は、前記固浸レンズモードでの前記補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。
- [5] 前記制御手段は、前記試料の屈折率 $n_0$ 、及び前記観察面までの前記試料の厚さ $t_0$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせを行う通常モードと、前記固浸レンズモードとの2つの制御モードを有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。
- [6] 前記制御手段は、前記通常モードでの前記補正条件に対応する焦点合わせテーブルと、前記固浸レンズモードでの前記補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルとを有することを特徴とする請求項5記載の顕微鏡。
- [7] 前記対物レンズ駆動手段は、前記試料と前記対物レンズとの間隔を変化させて焦点合わせを行う焦点調節手段を有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。
- [8] 前記対物レンズは、光軸に沿って配置された第1レンズ群及び第2レンズ群を有し

前記対物レンズ駆動手段は、前記対物レンズでの前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔を変化させて収差補正を行う収差補正手段を有することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。

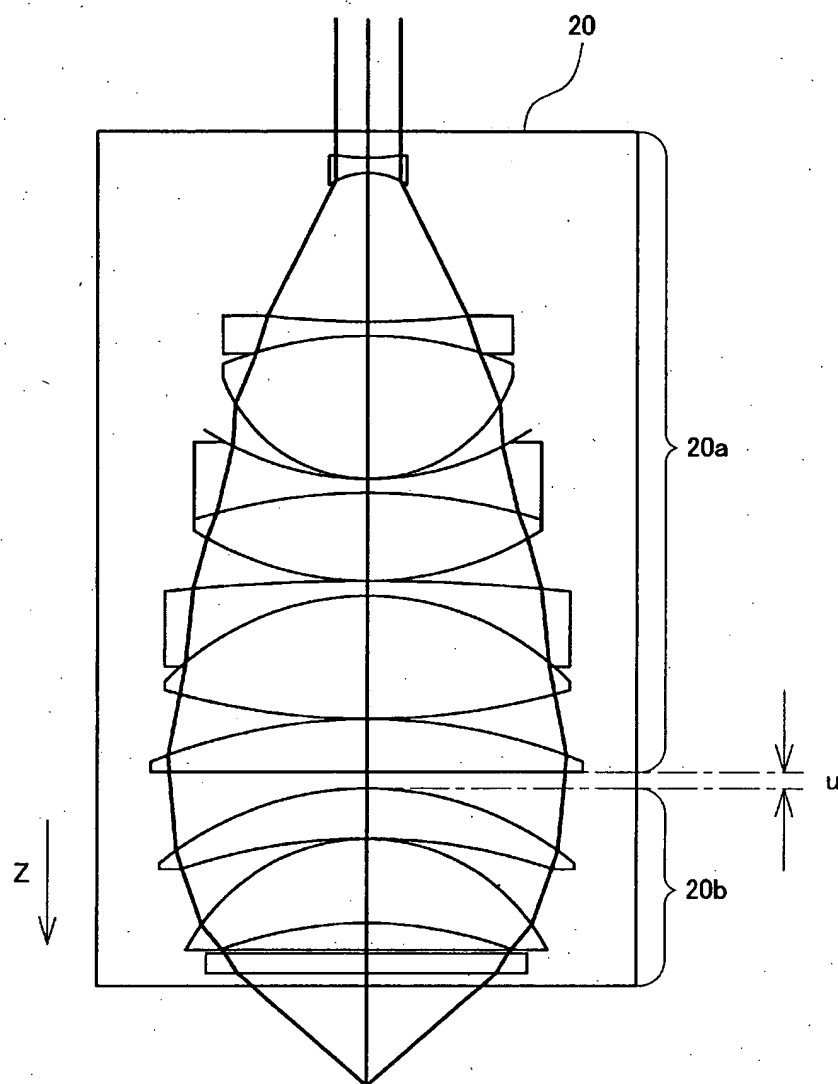
- [9] 前記固浸レンズ駆動手段は、  
前記固浸レンズを支持する固浸レンズホルダが連結された第1腕部材と、  
前記第1腕部材を前記試料に対して略平行な水平面内で回転させる第1腕部材回転源と、  
前記第1腕部材回転源を保持する第2腕部材と、  
前記第1腕部材回転源の回転軸と非同軸の位置を回転軸として、前記第2腕部材を前記水平面内で回転させる第2腕部材回転源とを有する固浸レンズ移動装置であることを特徴とする請求項2記載の顕微鏡。
- [10] 前記固浸レンズ移動装置は、前記第2腕部材回転源を前記水平面に直交する垂直方向に移動させる垂直方向移動源を有することを特徴とする請求項9記載の顕微鏡。
- [11] 試料を所定の観察面で、対物レンズを含む光学系を介して観察する試料観察方法であって、  
前記試料から前記対物レンズへの光軸を外れた待機位置に固浸レンズを配置して前記試料の通常画像を観察する通常画像観察ステップと、  
前記試料から前記対物レンズへの光軸を含む挿入位置に前記固浸レンズを配置し、前記試料の屈折率 $n_0$ 、厚さ $t_0$ 、前記固浸レンズの屈折率 $n_1$ 、厚さ $d_1$ 、及び曲率半径 $R_1$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせ及び収差補正を行う補正ステップと、  
前記補正ステップによって焦点合わせ及び収差補正がなされた状態で前記試料の拡大画像を観察する拡大画像観察ステップと  
を備えることを特徴とする試料観察方法。
- [12] 前記補正ステップにおいて、その補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを用いることを特徴とする請求項11記載の試料観察方法。

- [13] 前記試料から前記対物レンズへの光軸を外れた前記待機位置に前記固定浸レンズを配置し、前記試料の屈折率 $n_0$ 、及び前記観察面までの前記試料の厚さ $t_0$ に基づいて設定された補正条件で焦点合わせを行う通常補正ステップを備えることを特徴とする請求項11記載の試料観察方法。
- [14] 前記通常補正ステップにおいて、その補正条件に対応する焦点合わせテーブルを用いるとともに、前記補正ステップにおいて、その補正条件に対応する焦点合わせテーブル及び収差補正テーブルを用いることを特徴とする請求項13記載の試料観察方法。
- [15] 前記補正ステップにおいて、前記試料と前記対物レンズとの間隔を変化させて焦点合わせを行うことを特徴とする請求項11記載の試料観察方法。
- [16] 前記補正ステップにおいて、前記対物レンズでの光軸に沿って配置された第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を変化させて収差補正を行うことを特徴とする請求項11記載の試料観察方法。

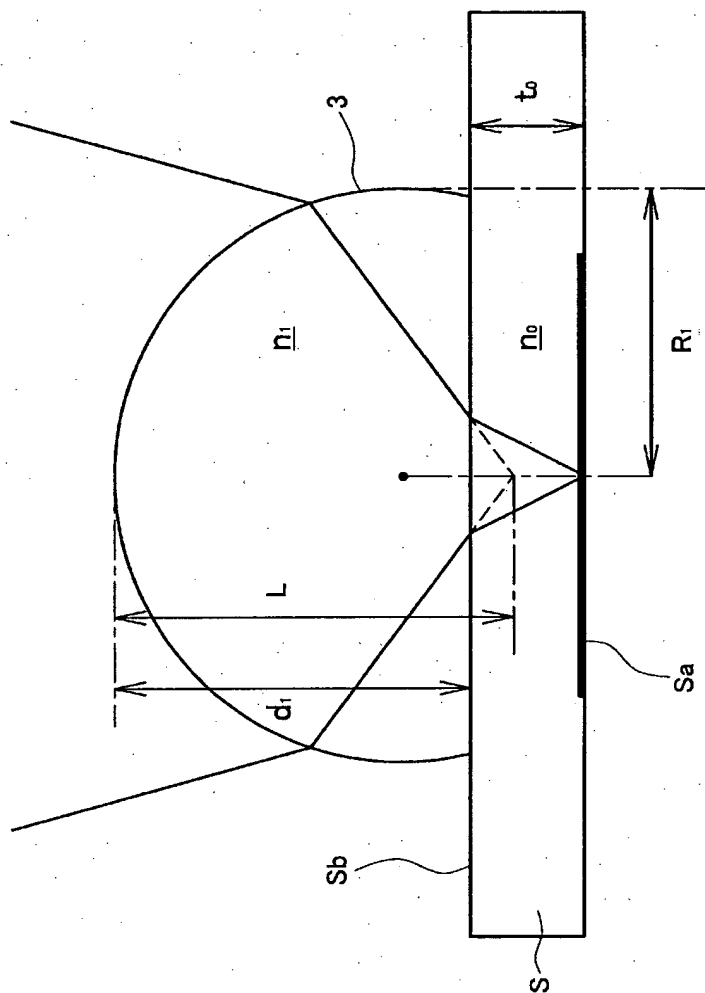
[図1]



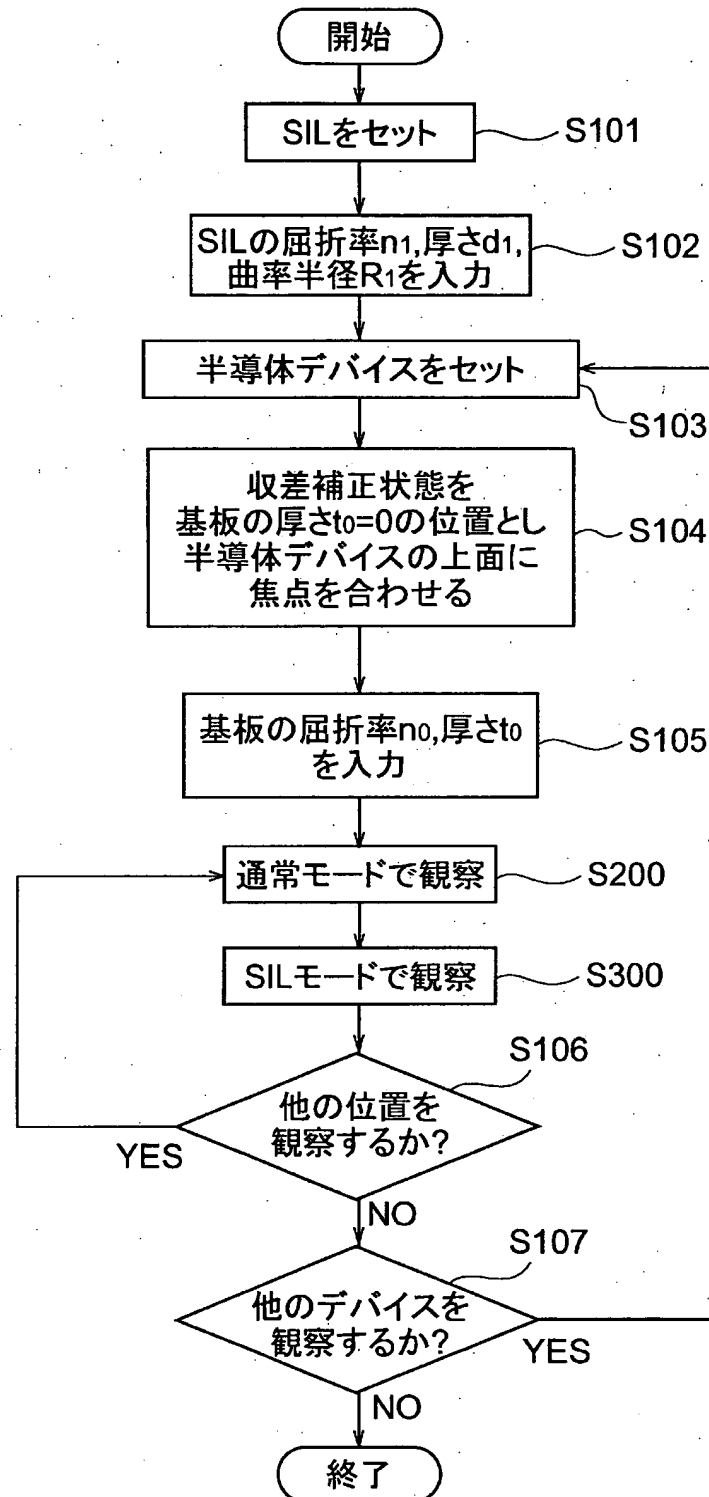
[図2]



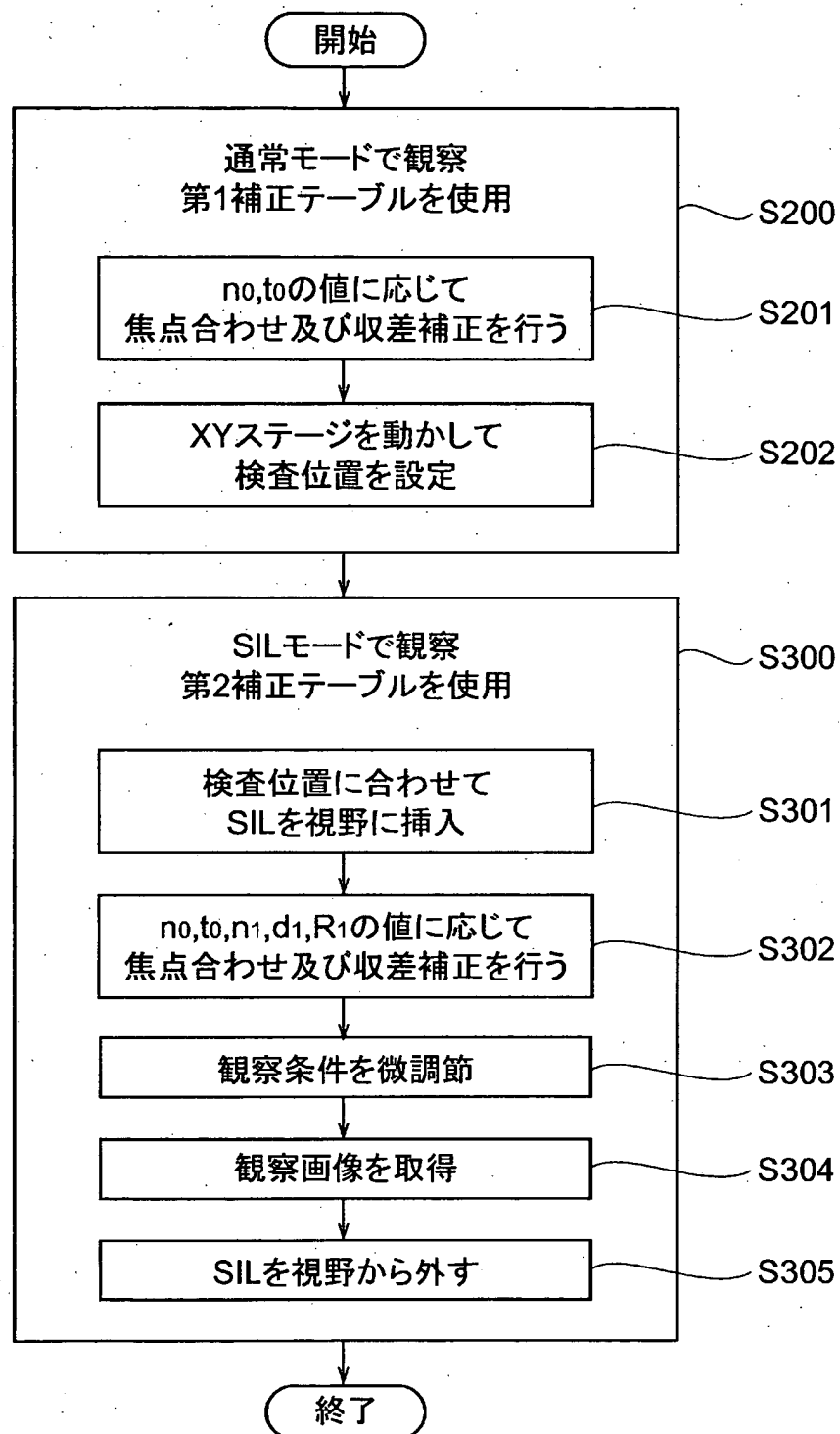
[図3]



[図4]

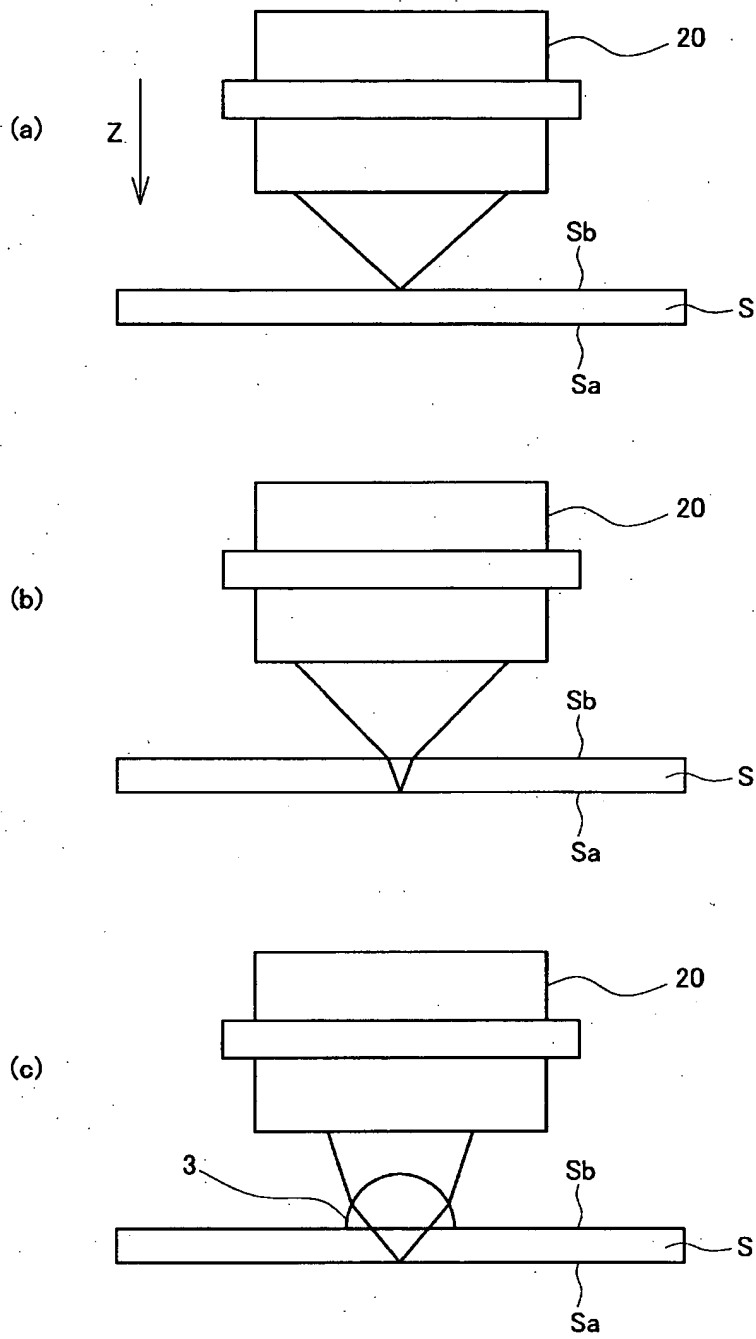


[図5]

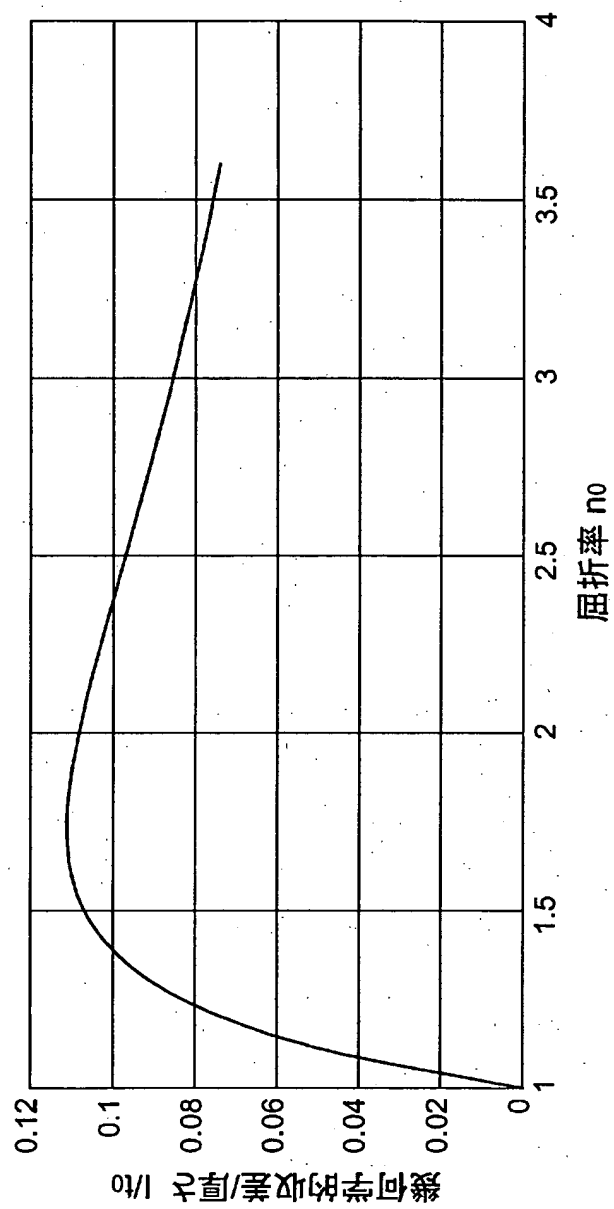




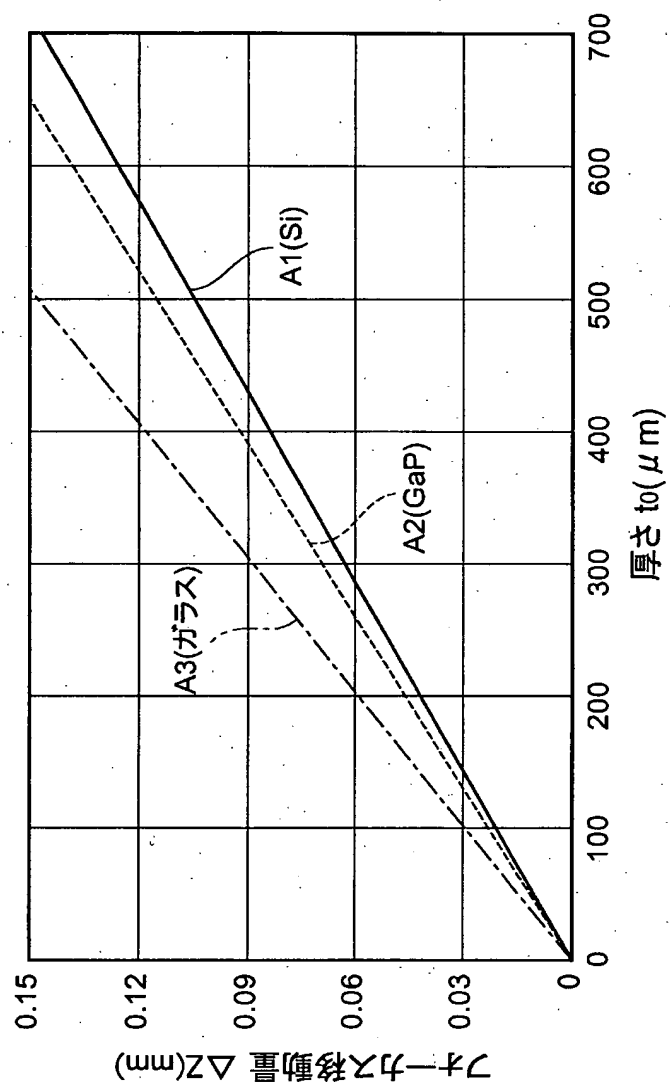
[図6]



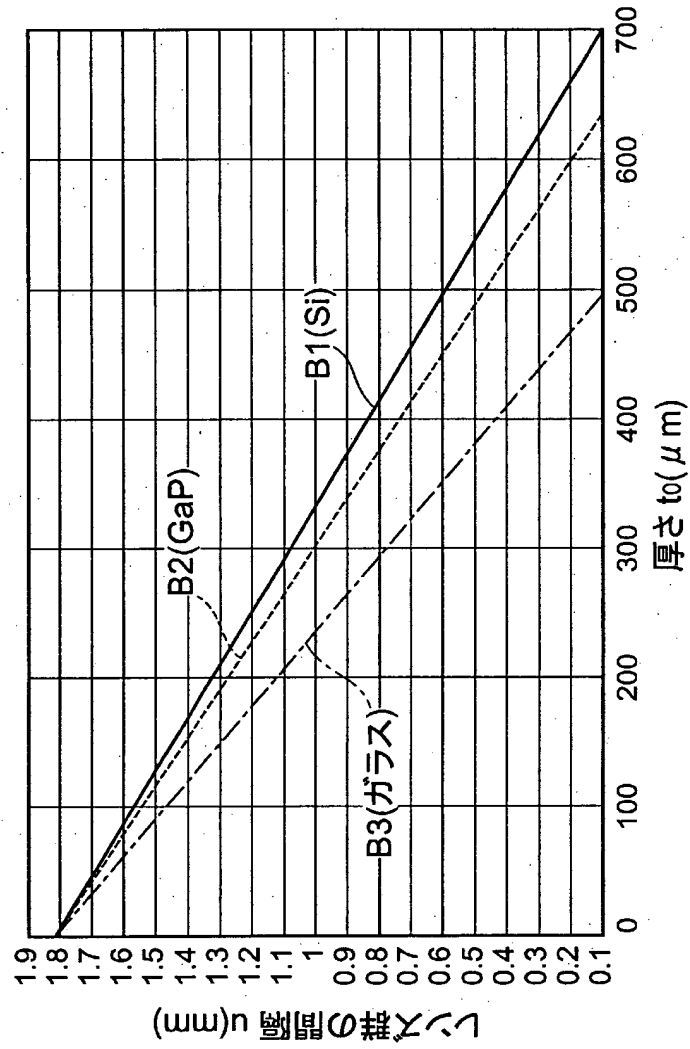
[図7]



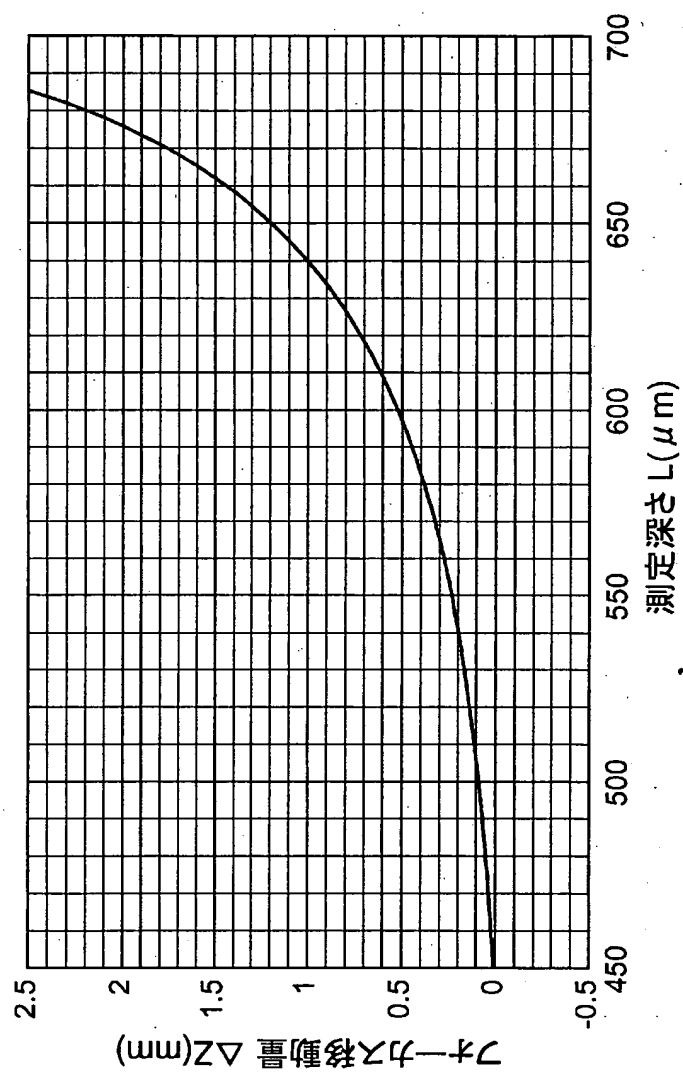
[図8]



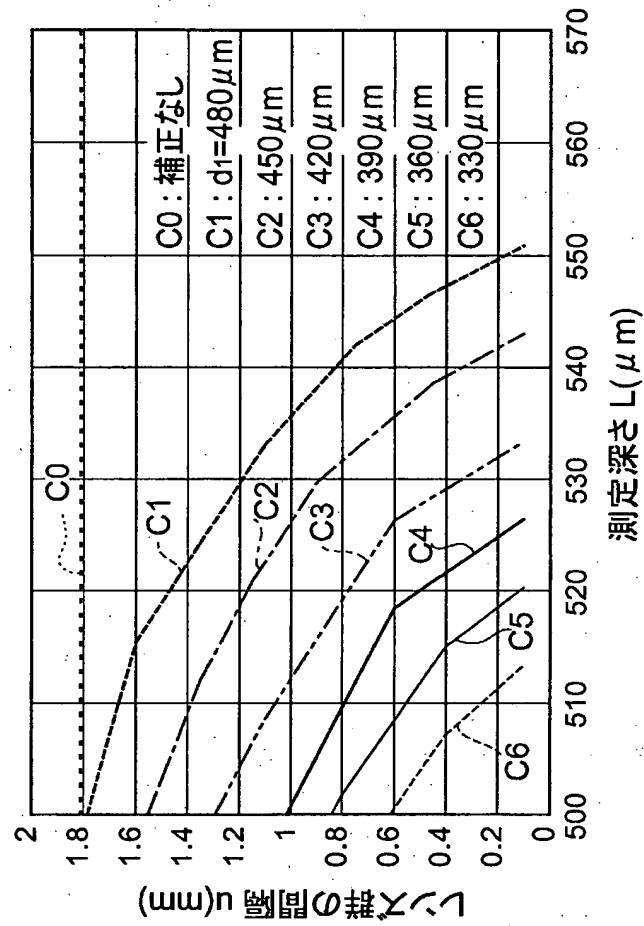
[図9]



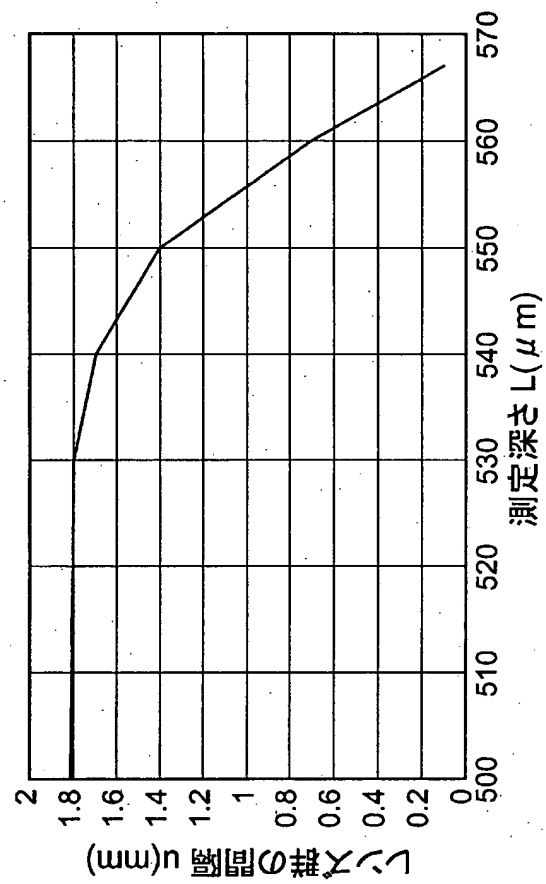
[図10]



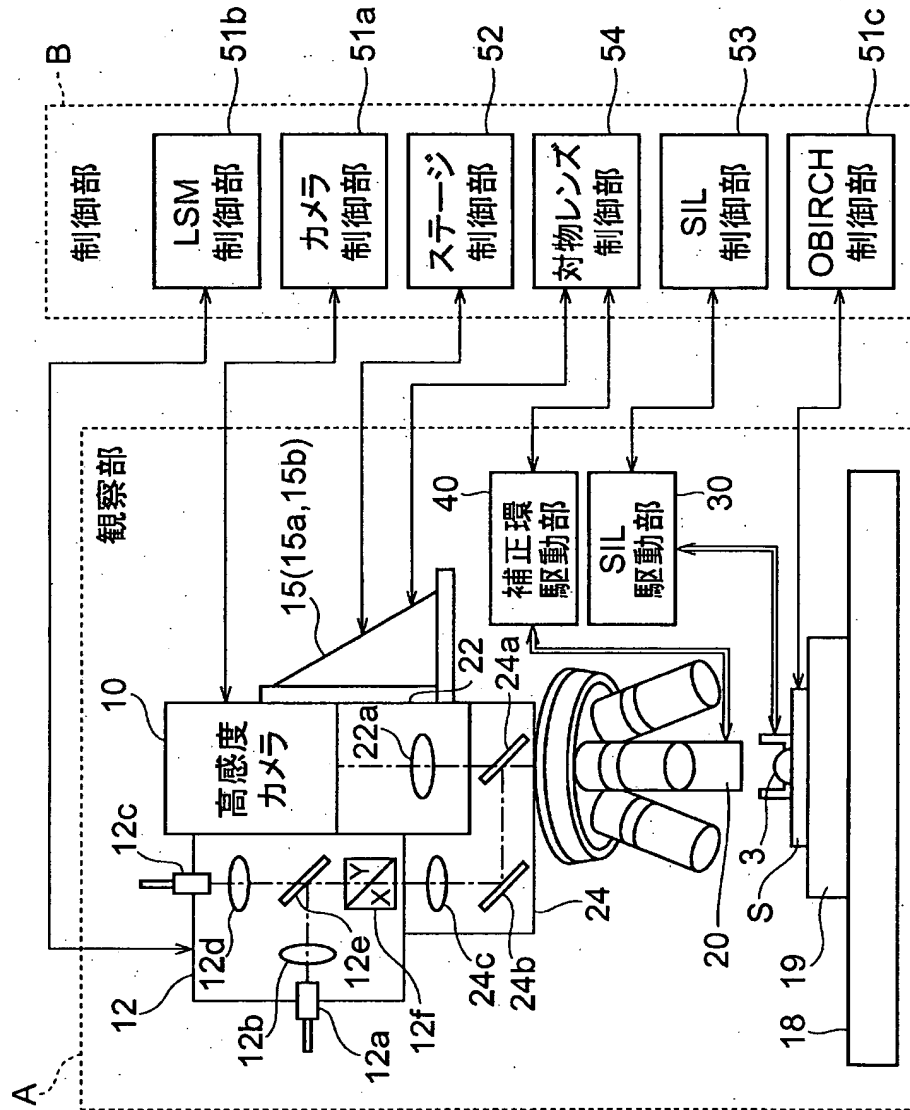
[図11]



[図12]

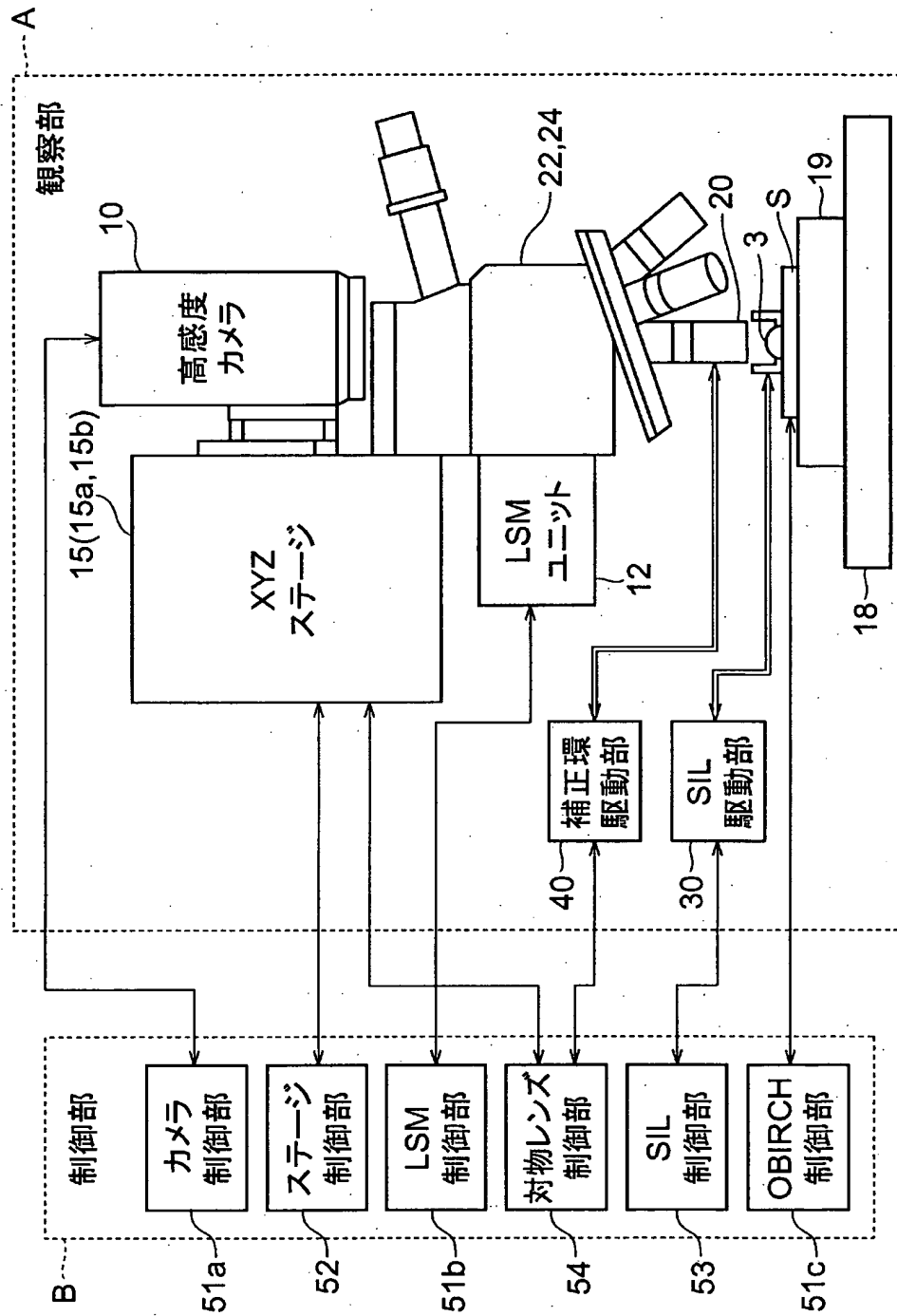


[図13]

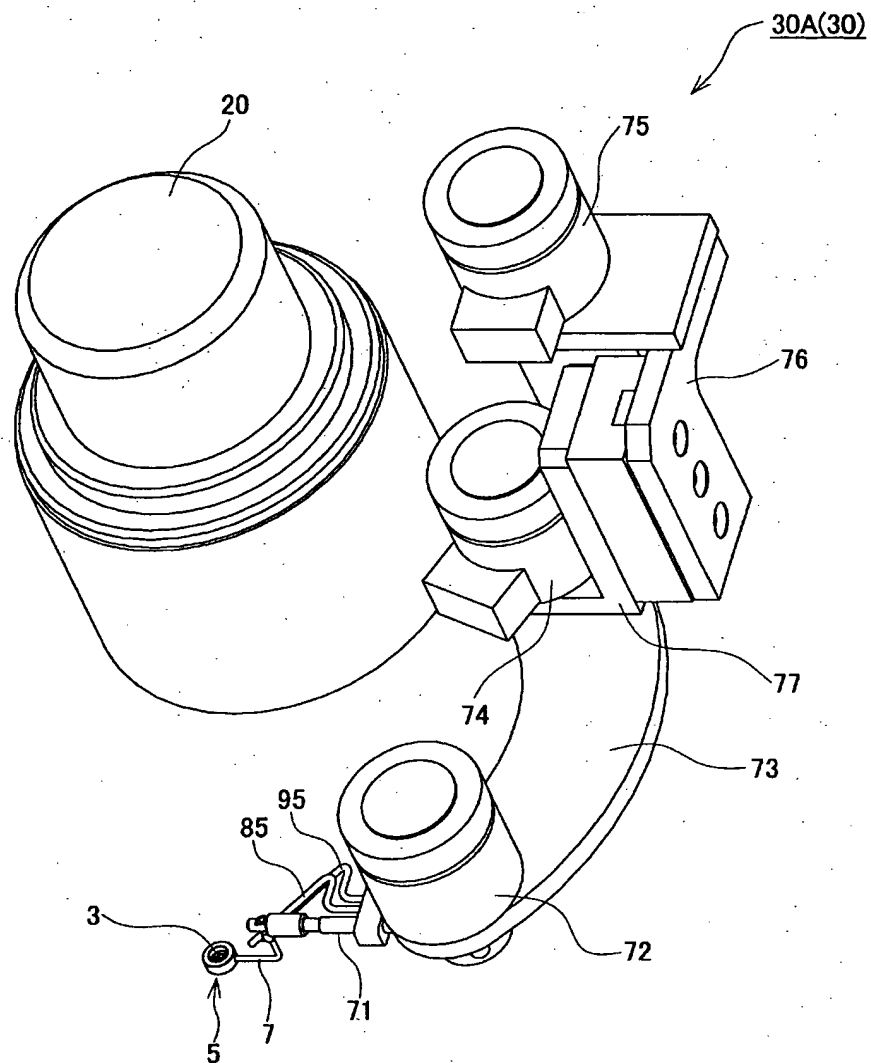




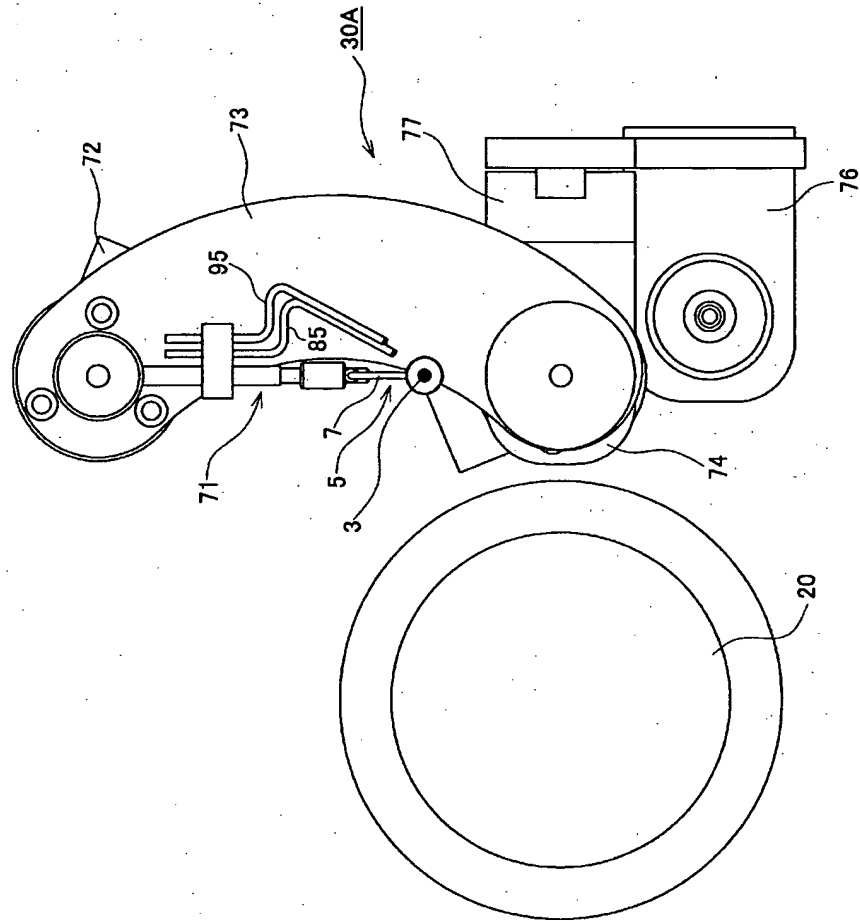
[図14]



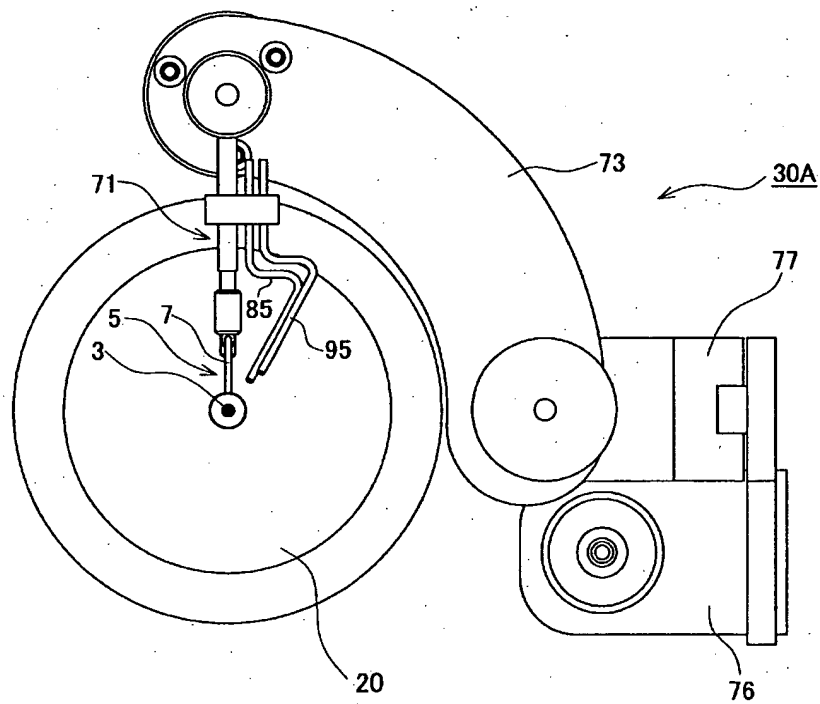
[図15]



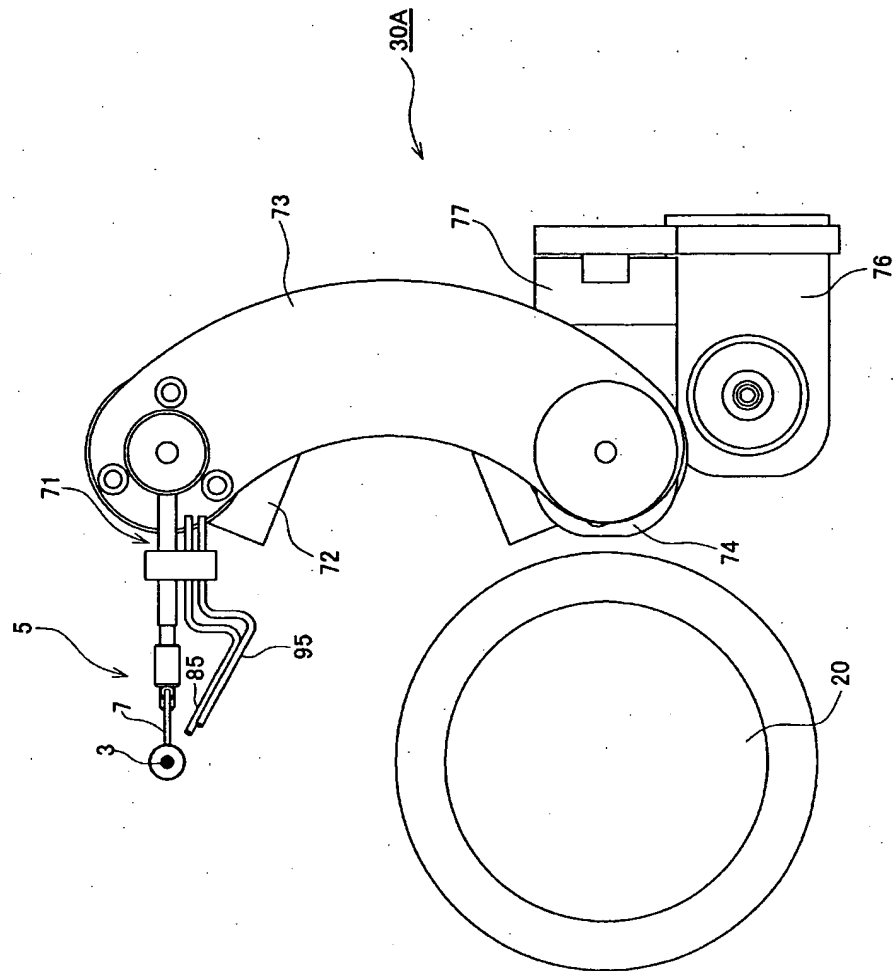
[図16]



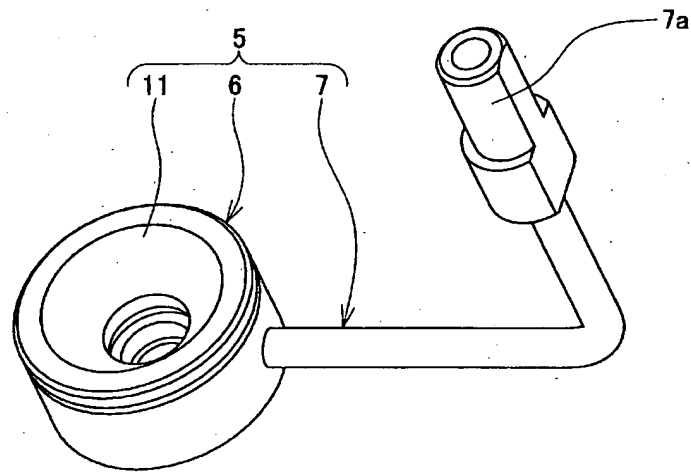
[図17]



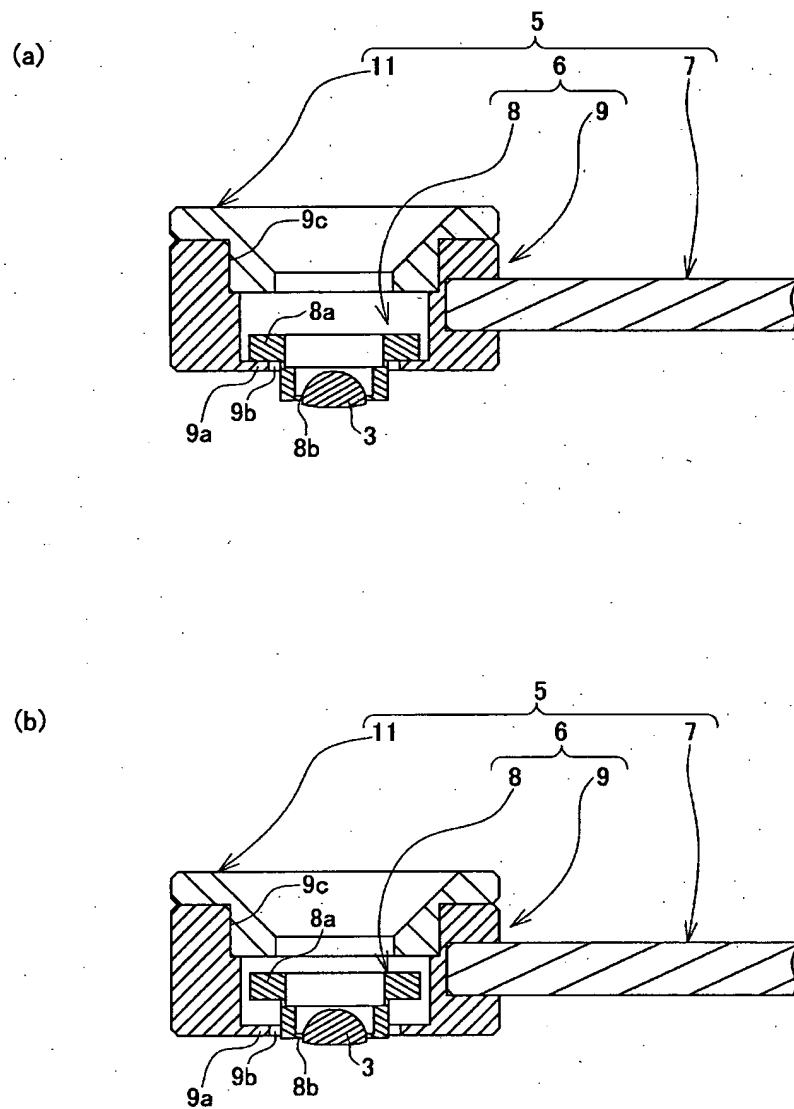
[図18]



[図19]



[図20]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/003163

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G02B21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G02B21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-502705 A (Trustees of Boston University), 21 January, 2003 (21.01.03), Full text; all drawings & WO 2000/079313 A1	1-16
A	JP 5-157701 A (International Business Machines Corp.), 25 June, 1993 (25.06.93), Full text; all drawings & US 5208648 A & EP 503236 A2	1-16
A	JP 2002-189000 A (NEC Corp.), 05 July, 2002 (05.07.02), Full text; all drawings & US 2002/43707 A1	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
16 May, 2005 (16.05.05)

Date of mailing of the international search report  
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/003163

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-80247 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 02 April, 1993 (02.04.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> G02B21/00		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> G02B21/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-502705 A (トラスティーズ オブ ボストン ユニバーシティ), 2003. 01. 21, 全文, 全図 & WO 2000/079313 A1	1-16
A	JP 5-157701 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション), 1993. 06. 25, 全文, 全図 & US 5208648 A & EP 503236 A2	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16. 05. 2005	国際調査報告の発送日 31. 5. 2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 山村 浩 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2V 9219

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-189000 A (日本電気株式会社), 2002. 07.05, 全文, 全図 & US 2002/43707 A1	1-16
A	JP 5-80247 A (オリンパス光学工業株式会社), 199 3.04.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**